

IM-77624

N85-15765

# **BDLI- Memorandum zur Zukunft der Raumfahrt in der Bundesrepublik Deutschland**

# **BDLI**

BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN LUFTFAHRT-,  
RAUMFAHRT- UND AUSRÜSTUNGSINDUSTRIE E.V.

**BDLI-Memorandum**

zur

**Zukunft der Raumfahrt**

in der

**Bundesrepublik Deutschland**

---

**1984**

**BDLI - BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN LUFTFAHRT-, RAUMFAHRT-  
UND AUSRÜSTUNGSINDUSTRIE E.V., Konstantinstraße 90, 5300 Bonn 2**

erarbeitet durch:

BDLI - Bundesverband der Deutschen Luftfahrt-,  
Raumfahrt- und Ausrüstungsindustrie e.V.,

AEG-Telefunken AG,

ANT Nachrichtentechnik GmbH,

Dornier System GmbH,

ERNO Raumfahrttechnik GmbH,

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH,

Standard Elektrik Lorenz AG

11

## **INHALTSVERZEICHNIS:**

<b>EINFÜHRUNG</b>	<b>Seite</b>	<b>1</b>
<b>1. Die Bedeutung der Raumfahrt für die Bundesrepublik Deutschland</b>	<b>Seite</b>	<b>3</b>
1.1 Bedeutung der Raumfahrt	Seite	5
1.2 Raumfahrt-Aufwendungen anderer Staaten	Seite	6
1.3 Die wirtschaftliche Bedeutung der Raumfahrt für die Bundesrepublik Deutschland	Seite	8
<b>2. Zielsetzungen eines deutschen Raumfahrtprogramms</b>	<b>Seite</b>	<b>11</b>
<b>3. Schwerpunkte der Raumfahrtaktivitäten</b>	<b>Seite</b>	<b>17</b>
3.1 Extraterrestrische Forschung	Seite	19
3.2 Forschung unter Schwerelosigkeit	Seite	27
3.3 Erdbeobachtung	Seite	34
3.4 Kommunikation / Navigation	Seite	43
3.5 Energietechnische Systeme	Seite	51
3.6 Raumlaboratorien und Plattformen	Seite	57
3.7 Transportsysteme	Seite	63
3.8 Versuchsanlagen und Bodenbetriebseinrichtungen	Seite	69
3.9 Bodenstationen	Seite	75
<b>4. Schlußfolgerungen und Empfehlungen</b>	<b>Seite</b>	<b>83</b>

## EINFÜHRUNG

Im Jahre 1980 erarbeiteten Firmen der deutschen Raumfahrtindustrie ein Memorandum zur Zukunft der Raumfahrt in Deutschland. Der im Frühjahr 1981 vorgestellte Programmvorschlag wurde vom BMFT als Diskussionsbeitrag für die Erstellung des 4. Weltraumprogramms der Bundesrepublik Deutschland einbezogen.

Der Fachausschuß Raumfahrt im BDLI hat daraufhin beschlossen, in zeitlich sinnvollen Abständen eine aktualisierte Neufassung dieses Memorandums vorzunehmen. Dabei fallen 1984 der Zeitpunkt der Diskussion eines Beitrags zur Formulierung des 5. Weltraumprogramms der Bundesrepublik Deutschland und die Entscheidungsvorbereitungen für eine langfristige Zukunft der Raumfahrt in Europa zusammen.

Im vorliegenden Memorandum werden in fünf nutzungsorientierten Kapiteln (Extraterrestrik,  $\mu$ g-Forschung, Erdbeobachtung, Kommunikation/Navigation und energietechnische Anwendungen) und in vier Kapiteln der Infrastruktur (Raumstation, Transportsysteme, Versuchsanlagen, Bodenbetriebseinrichtungen und Bodenstationen) die im jeweiligen Bereich als wesentlich erachteten Aktivitäten zusammengestellt. Im Prozeß der schwierigen Entscheidungsfindung für ein zukünftiges europäisches Raumfahrtszenario ist die Schaffung einer Ausgewogenheit zwischen nutzungsorientierten Vorhaben und Projekten zur Schaffung der Infrastruktur ein prinzipielles Anliegen der Raumfahrtindustrie; das bedeutet, daß der Wahrung einer intensiven Nutzungsaktivität und begleitender Technologieentwicklungen ein hoher Stellenwert zukommt.

Das vorliegende Memorandum soll dazu eine Orientierungs- und Entscheidungshilfe darstellen.

## **KAPITEL 1**

### **Die Bedeutung der Raumfahrt für die Bundesrepublik Deutschland**

## 1. Die Bedeutung der Raumfahrt für die Bundesrepublik Deutschland

### 1.1 Bedeutung der Raumfahrt

Die Raumfahrt hat in ihrer relativ kurzen Geschichte bereits große wissenschaftlich-technologische, politische und wirtschaftliche Auswirkungen gezeigt.

Raumfahrt ist ein Mittel zur Lösung eines breitgefächerten Spektrums von Aufgabenstellungen:

- Gewinnung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse

Extraterrestrische Forschung, Forschung unter verminderter Schwerkraft und Erdbeobachtung führen zur Erweiterung des physikalischen Grundlagenwissens, zur weiteren Aufklärung der Entwicklungsgeschichte des Weltalls und unseres Sonnensystems. Darüber hinaus schafft naturwissenschaftliche Grundlagenforschung ein ständiges Reservoir für Innovationen in zahlreichen Gebieten.

- Verbesserung öffentlicher Dienstleistungen

Neben den heute schon weltweit eingeführten Diensten von Satelliten für Kommunikation und Meteorologie zeichnen sich für die Zukunft weitere Anwendungen ab, wie Navigation und Verkehrsführung (vor allem im Luft- und Seeverkehr), militärische Aufklärung, Klimaüberwachung.

- Beitrag zur Lösung von Umweltproblemen

Bereitstellungen weltweiter Überwachungs- und Erkundungsstationen durch die Raumfahrt.

Als rohstoffarmes Industrieland ist die Bundesrepublik Deutschland zur Erhaltung und Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der

Wirtschaft auf die Überlegenheit ihrer Technologie angewiesen, um den notwendigen Exportmarkt zu sichern. Hier besitzt die Raumfahrt aufgrund ihres hohen technologischen Standards und auch infolge ihrer Fähigkeit der Beherrschung komplexer Systeme ein außerordentlich hohes Innovationspotential.

## 1.2 Raumfahrt-Aufwendungen anderer Staaten

Die Raumfahrt entwickelt sich zunehmend zu einem volkswirtschaftlichen Faktor. Die jährlichen Gesamtaufwendungen für Raumfahrt-Vorhaben in der westlichen Welt haben 1982 den Betrag von 15 Milliarden Dollar überschritten (Abb. 1.2 - 1). Der gesamte europäische Anteil beträgt dabei weniger als 10 %, der japanische immerhin 3,5 %.

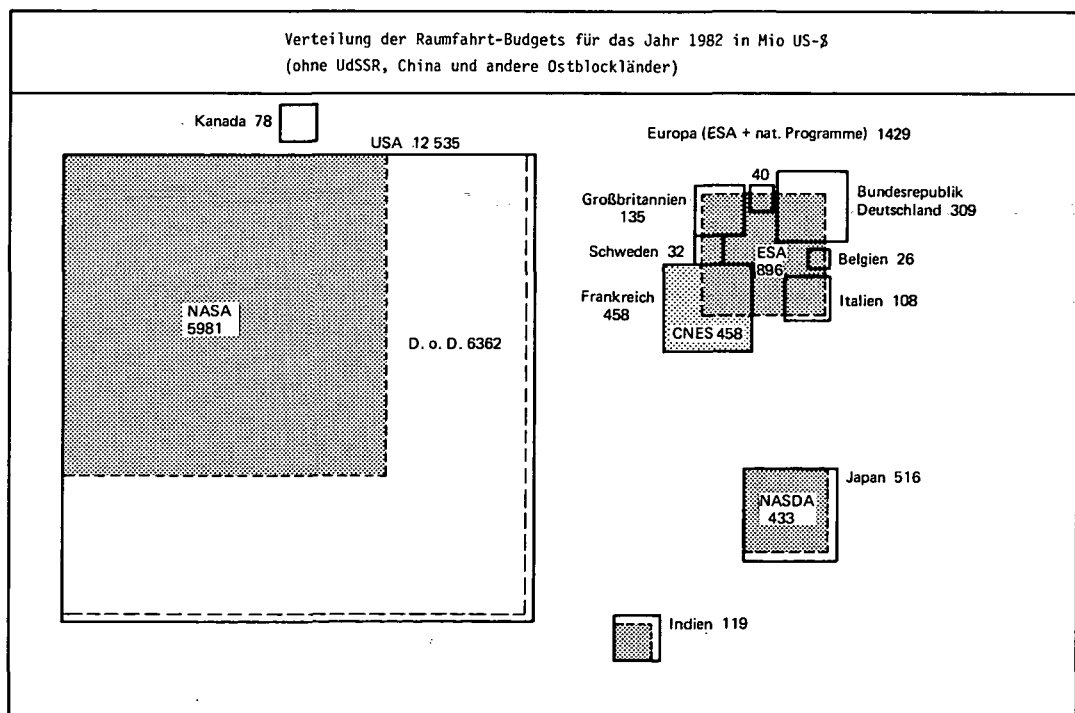


Abb. 1.2 - 1

Raumfahrtinvestitionen der westlichen Regierungen (Quelle SEST)



Während im gesamtwirtschaftlichen Bereich die EG eine durchaus den USA vergleichbare Wirtschaftskraft aufweist, ist dagegen in der Raumfahrttechnik ein erheblicher Rückstand zu verzeichnen.

Frankreich hat diesen Trend rechtzeitig erkannt und das staatliche Raumfahrtbudget entsprechend angepaßt.

Noch deutlicher sind entsprechende Anstrengungen Japans erkennbar, ihre Raumfahrtentwicklung durch eine mehr als vierfache Steigerung des staatlichen Raumfahrtbudgets in den letzten 10 Jahren zu verstärken.

Dagegen ist in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten Jahren eine entsprechende Anpassung nicht durchgeführt worden (siehe Abb. 1.2.-2).

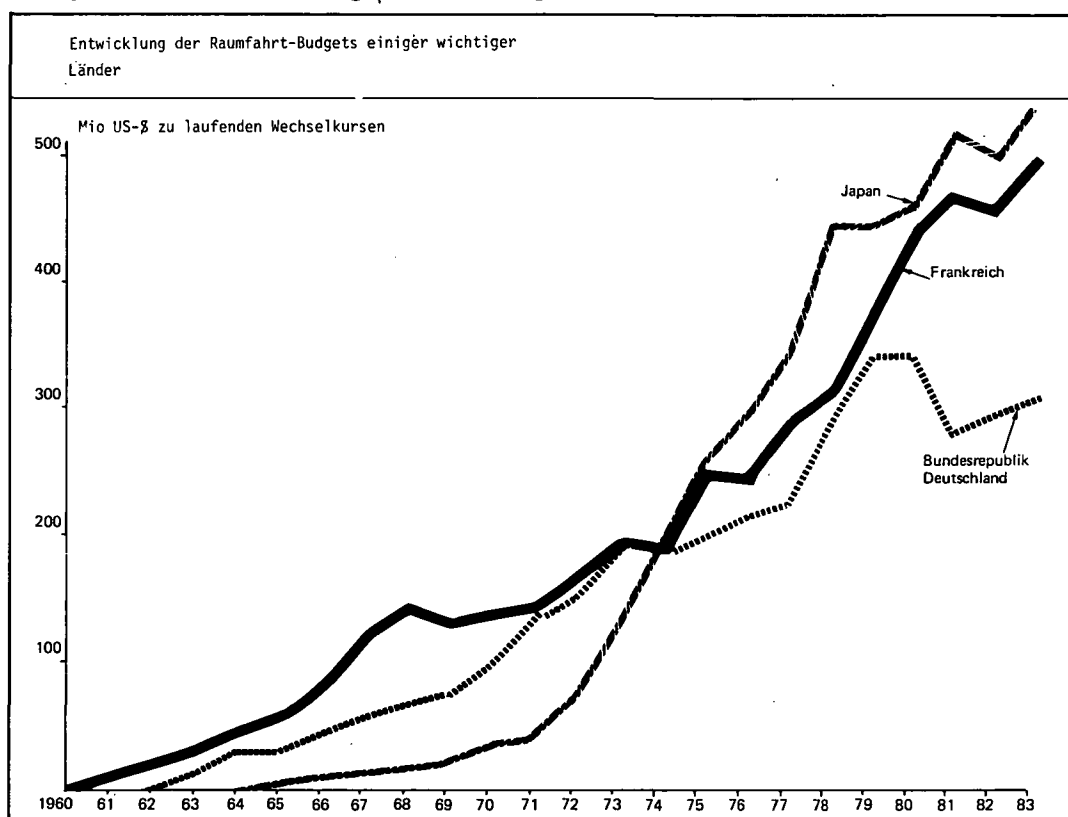


Abb. 1.2.-2

Entwicklung der Raumfahrttausgaben von Frankreich, der Bundesrepublik Deutschland und Japan

Quelle: SEST - Association pour l'étude des problèmes Sociologiques, Economiques et Stratégiques liés aux Techniques nouvelles

Genauso wie für Japan und Frankreich gilt für Deutschland, daß die Erhaltung des Lebensstandards nur durch die technischen Leistungen seiner Industrie möglich ist, diese wiederum hängen von den "Investitionen in die Zukunft" ab.

Derzeit vorhandene und zu erwartende kommerzielle Aufträge reichen wegen ihrer geringen Innovationskraft auf die Raumfahrttechnik nicht aus, um mit dem Entwicklungspotential der übrigen Raumfahrtationen Schritt zu halten.

### 1.3 Die wirtschaftliche Bedeutung der Raumfahrt für die Bundesrepublik Deutschland

Investitionen in die Raumfahrt sind die Basis zur Schaffung einer konkurrenzfähigen Industrie auf diesem Gebiet.

Die Raumfahrt weist ein hohes Wachstumspotential auf technologisch hochwertigen Gebieten auf. In der damit verbundenen Diversifikation und Innovation auch für andere Wirtschaftsbereiche liegt u.a. die wirtschaftliche Bedeutung der Raumfahrt.

Vom deutschen Fernmeldesatelliten, von weiteren INTELSAT-Satelliten sowie von Nachfolgeprojekten für den europäischen ECS und den in deutsch-französischer Zusammenarbeit entwickelten Direktfernsehsatelliten TV-SAT erwartet die deutsche Raumfahrt- und Elektronikindustrie einen Export, dessen Umsätze an Satelliten- und Bodensystemen in den 90er Jahren über eine Milliarde DM pro Jahr erreichen können.

Die Entwicklung von Anwendungssatelliten zur Erderkundung, Meteorologie, Navigation und Aufklärung bietet Möglichkeiten zur Einführung europäischer Lösungen und ist Voraussetzung für die Vermarktung dieser Systeme.

In dem neu zu erschließenden Bereich der Schwerelosigkeitsforschung nimmt die Bundesrepublik Deutschland derzeit eine der führenden Positionen ein. Es gilt, durch konsequente Fortführung der Aktivitäten diese Führungsrolle angesichts eines sich öffnenden Weltmarktes auszubauen.

In der bemannten Raumfahrt hat die Bundesrepublik Deutschland durch das Spacelab-Programm den Anschluß an die USA erreicht und besitzt eine sehr gute Ausgangsposition für eine Beteiligung an Raumstationen, zusammen mit anderen europäischen Ländern.

Europäische Trägerraketen verhindern eine amerikanische Monopolstellung und tragen unter anderem zur Preisstabilisierung der Startkosten bei. Darüber hinaus ermöglichen sie die Unabhängigkeit von einem Kommunikationsmonopol der Großmächte und schaffen Möglichkeiten für autonome europäische Lösungen.

Für alle genannten Gebiete gilt gleichermaßen, daß Voraussetzung für jede operationelle Anwendung die rechtzeitige Entwicklung entsprechender Technologien und die Demonstration operationeller Möglichkeiten in Form von Pilotvorhaben ist. Die Basis dafür bilden Investitionen in die Forschung.

## KAPITEL 2

### **Zielsetzungen eines deutschen Raumfahrtprogrammes**

## 2. Zielsetzungen eines deutschen Raumfahrtprogrammes

Die deutschen Raumfahrtaktivitäten müssen im Interesse eines möglichst wirkungsvollen Einsatzes der verfügbaren Mittel als Einheit gesehen werden.

Sowohl das nationale Programm als auch die Beteiligung am ESA-Programm sowie an anderen multilateralen oder internationalen Programmen muß daher unter einer einheitlichen Zielsetzung stehen. Dieser Zielsetzung unterliegt auch das Förderprogramm des BMFT, das mit allen raumfahrtorientierten Aktivitäten anderer Ressorts abgestimmt sein sollte, insbesondere mit dem Bundesministerium für Verkehr (BMV), dem Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen (BMP), dem Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) und dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ).

Eine langfristig angelegte Raumfahrtpolitik muß darauf abstellen, der Bundesrepublik Deutschland einen ungehinderten Zugang zu den Nutzungsmöglichkeiten der Raumfahrt zu sichern. Aufgrund der beschränkten deutschen Wirtschaftskraft kann dies nur in Zusammenarbeit mit gleichberechtigten Partnern geschehen. Die Gleichberechtigung muß, kontinuierlich, gekennzeichnet sein durch

- gleiches politisches Engagement
- etwa gleiche Budgets (absolut)
- ausgewogene gegenseitige Abhängigkeit
- ausgewogene Technologie-Ressourcen.

Ein solches Verhältnis ist aus heutiger Sicht nur mit Frankreich erreichbar.

Zusammenarbeit mit anderen Partnern muß langfristig unter dem Aspekt bewertet werden, ob sie auch in der Phase einer kommerziellen Nutzung

in einer für die Bundesrepublik Deutschland befriedigenden Weise fortgesetzt werden kann; dies gilt auch für die Beteiligung an einem amerikanischen Raumstationsprogramm, deren Erfolg wohl primär in der technologischen Vorbereitung auf ein eigenständiges europäisches Programm zu sehen ist.

Gleichzeitig bietet eine solche Politik die Chance, auf lange Sicht auch die Zusammenarbeit zwischen einem selbständigen Europa und den USA ausgeglichener zu gestalten.

Unter den in der Bundesrepublik Deutschland geltenden politischen und wirtschaftlichen Bedingungen sind bei der Aufstellung eines Raumfahrtprogramms folgende Einzelziele zu berücksichtigen:

- Beitrag zur langfristigen Sicherung eines führenden Platzes der Bundesrepublik Deutschland unter den Industriestaaten durch eigene Entwicklung und Nutzung der Raumfahrttechnik

Raumfahrt ist heute keine exotische Technologie mehr, sondern eine grundlegende Spitzentechnologie der Zukunft, die sich innovativ auf weite Bereiche der Wissenschaft und Technik auswirkt. Aus diesem Grunde ist unabdingbar, der Raumfahrt in Deutschland eine vergleichbare Bedeutung - zumindest wie in Frankreich und Japan - einzuräumen.

- Realisierung eines wesentlichen Anteils der deutschen Industrie am künftigen internationalen Raumfahrtmarkt

Durch die bisherige Förderungspolitik der Bundesrepublik konnte die deutsche Raumfahrtindustrie einen international anerkannten technologischen Standard erreichen. Die in anderen Ländern vorhandene militärische Raumfahrtkomponente, die einen hohen Entwicklungsanteil industrieller Raumfahrtprodukte aufnimmt, muß in Deutschland durch starke Technologieförderung kompensiert werden.

Weiter ist eine flankierende Unterstützung der Vermarktungsbe-  
mühungen der deutschen Industrie durch den Staat erforderlich. Dazu  
gehört auch die Demonstration der Nutzungsmöglichkeiten im eige-  
nen Land (TV-SAT, DFS) als Voraussetzung für einen erfolgreichen  
Export in Drittländer.

- Förderung der Grundlagenforschung

Deutschland gehört zu dem kleinen Kreis von Ländern, die traditio-  
nell eine starke Basis in der Grundlagenforschung besitzen.

Die Raumfahrt ist heute ein wichtiges Hilfsmittel in der Astrophysik,  
Astronomie und verwandten Gebieten. Neuerdings eröffnet die labor-  
mäßige Nutzung der Schwerelosigkeit im Bereich der Physik, physika-  
lischen Chemie, Materialwissenschaften, Verfahrenstechnik, Biologie  
und Medizin neuen Zugang zur Untersuchung zahlreicher Phänomene.

- Anregung der Kreativität, Motivation und Stärkung der Leistungs-  
bereitschaft in allen Bereichen von Wissenschaft und Wirtschaft

Das Raumfahrtprogramm soll durch attraktive Aufgaben für natur-  
und ingenieurwissenschaftliche Bereiche Anreize bieten und Beiträge  
an vorderster Stelle der Forschung ermöglichen.

- Beitrag zur europäischen Unabhängigkeit

Die Erfahrung der vergangenen Jahre hat gezeigt, daß die Abhängig-  
keit von den USA in vielen Bereichen wirtschaftliche Gefahren in sich  
birgt; dieser Trend kann sich mit zunehmender Kommerzialisierung  
der Raumfahrt verstärken. Um dem entgegenzuwirken, ist wenigstens  
in den Schlüsselbereichen die europäische Selbständigkeit zu schaf-  
fen.

Im Bereich europäischer Sicherheitsinteressen ist in den nächsten Jahren eine eigenständige Rolle in Betracht zu ziehen.

- Stärkung der europäischen und internationalen Zusammenarbeit

Das gesamte Spektrum der Raumfahrt übersteigt die Möglichkeiten eines Staates wie der Bundesrepublik Deutschland. Sie muß sich auf Führungspositionen in ausgewählten Bereichen beschränken und durch internationale Zusammenarbeit den Zugang zu den übrigen Gebieten sichern.

Darüber hinaus fördert eine solche Zusammenarbeit die politische Integration und ermöglicht insbesondere den wirtschaftlich schwächeren Partnerländern eine Teilnahme an der Entwicklung anspruchsvoller Zukunftstechnologien.

Die partnerschaftliche Zusammenarbeit mit den USA eröffnet Europa heute den Zugang zu Großprojekten der bemannten Raumfahrt und der Extraterrestrik.



## KAPITEL 3

### Schwerpunkte der Raumfahrtaktivitäten

### 3. **Schwerpunkte der Raumfahrtaktivitäten**

Für eine übersichtliche Darstellung der Raumfahrtaktivitäten wurde vorab eine Aufteilung in die wesentlichen Schwerpunktgebiete vorgenommen. Die sich dabei ergebenden 9 Teilkapitel werden im folgenden detaillierter beschrieben, wobei die jeweils beigefügte Programmvorstellung noch keine Abwägung der Bedeutung dieser Gebiete untereinander oder in ihrer zeitlichen Abhängigkeit enthält. Jedoch wurde die generelle Idee einer Ausgewogenheit, insbesondere der programmorientierten "Nutzungsvorhaben (Kapitel 1 bis 5)" und der "Infrastrukturvorhaben (Kapitel 6 bis 9)", berücksichtigt.

#### 3.1 Extraterrestrische Forschung

##### 3.1.1 Überblick

In den wenig mehr als 25 Jahren der Raumfahrt hat die extraterrestrische Forschung mit Satelliten und Sonden zu einem sprunghaften Zuwachs des Wissens über die Physik des Weltraums sowie Ursprung und Entwicklung seiner Gestirne und Planeten geführt. In seinem Gefolge wuchsen auch in Europa zahlreiche wissenschaftliche Gruppen heran, die heute zur wissenschaftlichen Weltspitze zählen.

Die extraterrestrische Forschung teilt sich auf in die Arbeitsgebiete

- Astronomie und Astrophysik
- Magnetosphären- und Sonnenforschung
- Planetenforschung

Sie stützt sich dabei voll auf die Möglichkeiten der Raumfahrttechnik, zu der auch verwandte Techniken wie Raketen- oder Ballonmissionen und der Einsatz von Flugzeugen gehören. Die parallel dazu bestehenden konventionellen Arbeitsmethoden werden in Universitäten und speziell geschaffenen Organisationen, wie z.B. ESO (European Southern Observatory) weiterentwickelt.

Das BMFT fördert seit 1962 wissenschaftliche Weltraumprojekte. Die ESA führt das sogenannte "mandatory program" für Wissenschaft durch, innerhalb dessen zur Zeit ISPM, FOC, IPS, GIOTTO und HIPPARCOS entwickelt werden. Bedingt durch die steigende Komplexität der modernen Satelliten und die begrenzten Mittel der ESA kann zur Zeit nur alle 3 Jahre mit der Durchführung eines neuen Satelliten-Projektes begonnen werden.

### 3.1.2 Derzeitige Situation

Unterteilt nach den 3 Arbeitsgebieten ergibt sich folgende Situation.

#### Astronomie und Astrophysik

In den vergangenen Jahren erlaubte die Raumfahrttechnik, vor allem den Bereich der hochenergetischen Strahlung (Gamma-, Röntgen- und UV-Strahlung) durch Satellitenprojekte wie COS-B, HEAO und IUE zu untersuchen; Projekte, die mit EXOSAT, ROSAT und GRO ihre Fortsetzung finden werden.

Seit dem Start von EXOSAT verfügt Europa zusammen mit IUE und IRAS im Röntgen-, UV- und IR-Spektralbereich über Teleskope im Orbit. Mit HIPPARCOS sollen genaue Messungen der Eigenbewegungen und Positionen ausgewählter Sterne durchgeführt werden. Ein weiteres Röntgenteleskopprojekt ist mit ROSAT II (SPEXTEL) geplant. Siehe hierzu Abb. 3.1-1.

### Magnetosphären- und Sonnenforschung

Die Umgebung der Erde wird durch ihr Magnetfeld und den Plasmafluß der Sonne bestimmt. Die Erforschung der Magnetosphäre bildete in der Vergangenheit den Schwerpunkt der extraterrestrischen Forschung und führte zur weitgehenden Aufklärung der grundlegenden physikalischen Phänomene. Relativ zu den vorgenannten Arbeitsgebieten der Extraterrestrik räumt die wissenschaftliche Gemeinschaft diesem Gebiet daher zukünftig geringere Priorität ein.

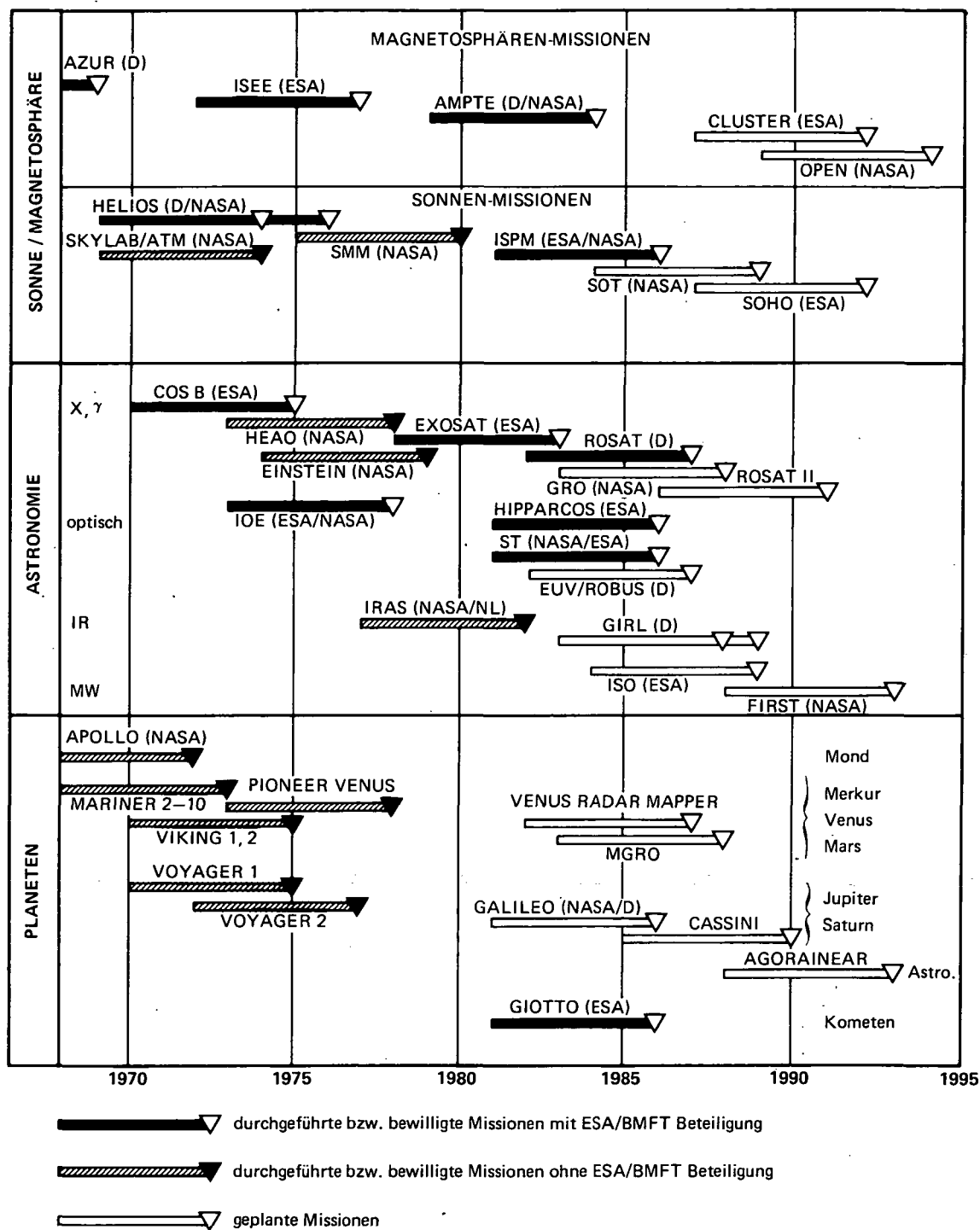


Abb. 3.1-1 Überblick über Satelliten-Missionen der extraterr. Forschung

Ein Schwerpunkt liegt noch bei der genaueren Erforschung der wirksamen Kopplungsmechanismen zwischen Vorgängen in der Sonne und solchen in der Magnetosphäre und Atmosphäre der Erde. Technologisch werden hier keine prinzipiell neuen Anforderungen gestellt, jedoch steigt der technische Aufwand bedingt durch die Notwendigkeit simultaner Beobachtungen an verschiedenen Orten.

Das wissenschaftliche Interesse wendet sich z.Z. verstärkt der Sonne zu. Die HELIOS-Mission hatte sich vorwiegend noch mit den Plasma-Eigenschaften des sonnennahen Raumes befaßt, ebenso wie die ISPM-Mission, die außerhalb der Ekliptik-Ebene messen wird.

Sonnenbeobachtungen frei von atmosphärischen Störungen wurden bisher nur durchgeführt in den NASA-Missionen OSO, SKYLAB und SMM. Sie erlauben das Studium turbulenter Vorgänge in der Photo- und Chromosphäre (Granulen) und auch der Dynamik und der Plasmaströme der äußeren Korona (Eigenschwingungen des Sonnenkörpers, solarer Wind). Dafür sind hochauflösende Sonnenbeobachtungen im optischen, UV- und EUV-Bereich bei hoher Stabilisierung und teilweise unterbrochener Messung notwendig. Instrumente an Bord von Raumsonden, die z.B. um den Librationspunkt L1 zwischen Sonne und Erde eine stabile Bahn haben, können ununterbrochene Langzeitbeobachtung durchführen (Projekt SOHO). Siehe Abb. 3.1-1.

### Planetenforschung

Die Planetenforschung (einschließlich des Erdmondes, der Asteroiden und Kometen) gehört zu den Wachstumsgebieten, die auch für die nächsten Jahre wertvolle Entdeckungen versprechen. Aufgrund der hohen technologischen Anforderungen an Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit konzentrierte sich das Interesse anfänglich vorwiegend auf die inneren Planeten Mars und Venus. Erste nahe Vorbeiflüge von Voyager 1 und 2 an Jupiter und Saturn in den Jahren 1979 - 1981 vermittelten ein völlig neues Bild dieser Planeten und ihrer Monde. Im Jahre 1986 wird Voyager 2 Uranus passieren, um erste Bilder des Planeten, seiner Ringe und der gegenwärtig bekannten fünf Monde zur Erde zu funken.

In der Vergangenheit hatten sich die ESA und die Bundesrepublik Deutschland nicht wesentlich an der Planetenforschung beteiligt. Ein erster Schritt auch in dieses Arbeitsgebiet hinein ist die Kometenmission GIOTTO, deren Start für 1985 vorgesehen ist. (Siehe Abb. 3.1-1).

### 3.1.3 Trend

Auch die Zukunft der extraterrestrischen Forschung ist durch die Vielfalt verschiedener Vorhaben gekennzeichnet.

In der Astronomie führt der Trend zu observatoriumsartigen Instrumenten (typischerweise 1 m  $\varnothing$ ), die auf autonomen 3-achs-stabilisierten Plattformen eingesetzt werden. Diese Missionen können auch mit relativ geringen Mitteln realisiert werden. Eine SHUTTLE-kompatible Plattform erlaubt einen kostengünstigen Start, Wiedereinholung für Wartung und Reparatur, und auch Andock-Manöver zur Versorgung mit Treibstoff und Kühlmittel. Geplante Missionen dieses Typs sind: EUV-Mission auf ROBUS, GIRL, ROSAT II. Für GIRL ist zunächst eine kurzdauernde Shuttle-Mission vorgesehen. Wegen der hohen Anforderungen an die Reinheit ist jedoch ein Einsatz als Freeflyer auf ROBUS attraktiv, der auch eine längere Missionszeit erlaubt. Das IR-Teleskop ISO stellt eine Weiterentwicklung der GIRL-Technologie dar und rechnet, wie das Space Telescope, schon eher zu den ausgesprochenen Großgeräten.

Langfristig zeichnen sich wesentlich erweiterte Meßmöglichkeiten für astronomische und astrophysikalische Beobachtungen ab. Die Verfügbarkeit großer (10 m - 100 m  $\varnothing$ ) im Raum montierter oder entfalteter Strukturen bzw. dort hergestellter Kollektoren großer Apertur und hoher Präzision gestattet im langwelligen Bereich des elektromagnetischen Spektrums (IR bis Radiowellen) bisher unerreichte Auflösungen. Unter Anwendung interferometrischer Meßmethoden sollte es damit möglich sein, u.a. physikalische Vorgänge in Quasaren zu verfolgen und - im kurzwelligen Spektrum - Einzelheiten auf Sternoberflächen oder deren Planeten zu erkennen. (Projekte QUASAT, FIRST).

In der Magnetosphärenforschung sind es die Mehrkörper-Missionen, wie CLUSTER und OPEN, die gleichzeitige Messungen aus verschiedenen Orten der Magnetosphäre erlauben. Relativ einfache und preiswerte Satelliten werden dafür benötigt.

In der Sonnenforschung werden Observatorien verschiedener Art verlangt: Das SOT-Projekt der NASA, ein großes und schweres Observatorium, begnügt sich mit kurzen 10-Tagesmissionen auf dem SHUTTLE. SOHO verlangt insbesondere eine Bahn um den Librationspunkt L1.

Für die Planetenforschung existieren Planungen bei NASA und ESA. Es sind Missionen zur Erforschung von

- VENUS (Venus Radar Mapper der NASA)
- MARS (Mars Geoscience und Climatology Orbiter MGCO)
- TITAN (Mond des Saturn mit Methan-Atmosphäre)
- SATURN (CASSINI-Mission der ESA)
- Kometenrendezvous (GIOTTO I und GIOTTO II)
- Asteroiden (AGORA der ESA und andere).

Die hohen Kosten solcher Missionen werden auf multinationale Zusammenarbeit auf diesem Gebiet drängen.

#### 3.1.4 Programmvorschlag

Die wissenschaftliche Gemeinde Deutschlands und Europas hat eine Fülle hervorragender Projektvorstellungen für die nahe und ferne Zukunft. In diesem Programmvorschlag wird angenommen, daß innerhalb des nationalen Budgets Satelliten-Missionen aus jedem Arbeitsgebiet berücksichtigt werden, um Ausgewogenheit zu wahren.



## Systeme

### Astronomie:

- Das Infrarot-Teleskop GIRL wird zweimal eingesetzt: auf SHUTTLE-IPS (für Astronomie) und auf ROBUS (für IR-Astronomie).
- EUV-Astronomieexperimente fliegen auf ROBUS in einer Demonstrations- und einer Langzeitmission.
- Der ROSAT-Mission (Röntgen-Astronomie) folgt eine ROSAT-II-Mission im Abstand von ca. 4 Jahren.

### Magnetosphäre/Sonne:

- Der AMPTE-Mission folgt eine interplanetare Mission im Abstand von 8 Jahren.

### Planeten:

- Der Galileo-Mission folgt eine Planeten-Mission im Abstand von 9 Jahren.
- Eine Teilnahme an einem multinationalen Projekt wurde für den Zeitraum 1991 - 1994 aufgenommen.

Die Ausgewogenheit und Kontinuität der Programmplanung wird auch durch das ESA-Programm unterstützt, an dem die Bundesrepublik teilnimmt und auf deren Gestaltung sie Einfluß nehmen kann. In der Planung befinden sich die Projekte ISO, SOHO, CLUSTER, SPECTEL u.a. Im nationalen Programm liefert die Bundesrepublik Deutschland zusätzlich Beiträge zu diesen Projekten.

## Technologie

Die Unterstützung des vorgeschlagenen Programms erfordert technologische Fortschritte in folgenden Gebieten:

- Kryotechnik
- EUV-Technik
- Docking- und Manoeuver-Technik

### 3.2 Forschung unter Schwerelosigkeit und ihre Anwendung

#### 3.2.1 Überblick

Einer der wesentlichen Parameter, welche die Raumfahrt der Forschung bietet, ist die extrem verminderte Schwerkraft (Mikrogravitation ( $\mu g$ ), Schwerelosigkeit). Die Gravitation beeinflusst eine Vielzahl physikalisch-chemischer und technischer Prozesse, so z.B. Verlauf und Ausbeute sowie die Qualität und insbesondere die Homogenität der dabei erzeugten Materialien. Sie schränkt die herstellbare Bandbreite von Produkten mit besonderen chemischen, physikalischen oder technischen Eigenschaften ein.

Die physikalischen Vorgänge, die bei Auswirkung der Gravitation zu unerwünschten Einflüssen führen können, sind vor allem

- \* die Schwereseigerung  
Gemische aus verschiedenen Stoffen entmischen sich aufgrund der unterschiedlichen Dichte der Komponenten
- \* die schwerkraftgetriebene Konvektion  
Bei Temperatur- und/oder Konzentrationsunterschieden tritt in Fluiden aufgrund der dadurch verursachten Dichteunterschiede ein - häufig mit Turbulenzen oder Oszillationen verbundener - Material- und Wärmetransport (Rühreffekt) auf.

\* der hydrostatische Druck

In Flüssigkeiten entstehen auch ohne äußere Einwirkungen Druckunterschiede.

Diese Vorgänge verlieren unter verminderter Schwerkraft den Einfluß. Es ergeben sich Möglichkeiten, den Materialtransport in Fluiden unter reinen Diffusionsbedingungen ablaufen zu lassen. Darüber hinaus lassen sich für Prozeßabläufe u.a. in flüssigen Phasen Möglichkeiten zur behälterfreien Manipulation realisieren. Diese kann Bedeutung haben für das Erschmelzen ultrareiner oder aggressiver Materialien, die mit dem Behältermaterial reagieren (Verbindungen eingehen) und/oder für die Herstellung hochreiner Kristalle. Vielfach läßt sich auch die Experimentier- und Meßtechnik zur Bestimmung wichtiger physikalisch-chemischer Kenngrößen und Materialeigenschaften verfeinern. Dabei sind bereits neue wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen worden.

Das Ziel weiterer Forschung besteht darin, neue grundsätzliche Erkenntnisse, vor allem über die Auswirkungen der Schwerelosigkeit, zu gewinnen. Darauf aufbauend sollen gezielt wissenschaftliche und technologische Vorgänge erforscht und die resultierenden Erkenntnisse genutzt werden, um sowohl herkömmliche physikalische, chemische, biologische und technische Verfahren zu verbessern, als auch nach Möglichkeit neuartige, nur unter Schwerelosigkeit ablaufende Prozesse nutzbar zu machen. Von den mit der Grundlagenforschung eng verbundenen Aktivitäten wird ein wichtiger Beitrag erwartet zur

- \* Steigerung der Leistungsfähigkeit und Ausbeute technischer Prozesse
- \* Entwicklung neuer Fertigungsverfahren
- \* Steigerung der Qualität bekannter technischer Produkte und
- \* Entwicklung und Produktion neuartiger Stoffe.

Damit sollen notwendige wissenschaftlich-technische Grundlagen und Voraussetzungen für gezielte terrestrische Materialforschungs- und Materialentwicklungsprogramme, aber auch gegebenenfalls für eine Produktion im Weltraum geschaffen werden.

Für die Biowissenschaften bietet sich ebenfalls ein weites Feld der Forschung und Anwendung zum Verstehen von Schwerkrafteinflüssen auf:

- Zellstrukturen und deren Entwicklung
- Transportprozesse und Mechanismen in Zellen, wie:  
Gravitations-, Wahrnehmungs-, Übertragungs-, Reaktions- und Widerstandsmechanismen
- embryonale Entwicklungen
- Zelldifferenzierung
- Genetische- und Generationseffekte
- Wechselwirkungen zwischen Zellen untereinander sowie zwischen Zellen und Viren.

Die Anwesenheit des Menschen im Weltraum verlangt für seine Sicherheit und sein Wohlergehen die Erforschung der physiologischen Phänomene unter diesen Bedingungen sowie eine entsprechende medizinische Versorgung. Darüber hinaus können Astronauten sowohl als Experimentatoren und Techniker als auch vom medizinischen Standpunkt aus als Versuchspersonen forschen und erforscht werden.

### 3.2.2 Derzeitige Situation

Den heutigen Forschungsgebieten "Werkstoff-Forschung und Verfahrenstechnik" sowie "Biologie" und "Medizin" kommt unter dem langfristigen Aspekt der beginnenden wirtschaftlichen Nutzung eine Schlüsselrolle zu. Durch die Herstellung neuer Materialien und die Gewinnung neuer Kenntnisse werden sich neue Technologien und Anwendungen eröffnen.

Mit den Laboreinrichtungen für die erste Spacelab-Mission (FSLP) 1983, der D1-Mission 1985 und nachfolgenden deutschen oder internationalen Missionen mit deutscher Beteiligung ist der weitere Entwicklungsweg vorgezeichnet. Zusätzliche disziplinorientierte Laborversuche sind bereits in Entwicklung (MEDEA, BIORACK, ANTHRORACK, PROZESSKAMMER,

SLED, NEXPA/BW). Neben einer kontinuierlichen Weiterentwicklung der Experimentiereinrichtungen wird für den Erfolg des Gesamtprogrammes von entscheidender Bedeutung sein, daß hinreichend viele Fluggelegenheiten bereitgestellt werden.

Wegen der hohen Flugkosten ist zu diesem Zweck eine möglichst breite internationale Kooperation anzustreben. Sie kann durch die gegenseitige Mitbenutzung von Experimentiereinrichtungen bei angemessenem Interessenausgleich zusätzlich an Attraktivität gewinnen. Preisgünstige materialwissenschaftliche Kurzzeitexperimente lassen sich mit den TEXUS- und MAUS-Missionen durchführen.

Weiterhin ist für den wissenschaftlichen Erfolg des Programms neben den Raumflugexperimenten selbst ein sorgfältig abgestimmtes Bodenbegleitprogramm von wesentlicher Bedeutung.

Für den Bereich der Biologie und Medizin wird für die D1-Mission eine apparative Grundausrüstung für die Durchführung von Experimenten zu den Themengruppen Physiologie des Menschen, Zoologie, Botanik und Strahlenbiologie im Rahmen des nationalen Programms entwickelt.

Als weitere Ausbaustufe kann ein permanent im Orbit verbleibendes bemanntes Labor folgen, das zunächst im Verbund mit der Raumstation fliegt, später aber die Möglichkeit bietet, selbst frei zu fliegen, um damit eine hohe Qualität der Schwerelosigkeit bei gleichzeitiger bemannter wissenschaftlicher Betreuung zu erreichen. Dieses Programm wird derzeit unter dem Namen COLUMBUS vorbereitet.

Im europäischen Rahmen befindet sich eine größere rückführbare Plattform "EURECA" in der Entwicklung, die über mehrere Monate in einer Erdumlaufbahn arbeiten kann und somit die Möglichkeit eröffnet, langsam ablaufenden Prozessen genügend Zeit in einer fast schwerelosen Umwelt zu bieten.

### 3.2.3 Trend

Die Forschung unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit steht noch am Anfang ihrer Möglichkeiten. Die zukünftigen Auswirkungen sind derzeit nicht abzuschätzen. Insbesondere die Möglichkeiten der kommerziellen Nutzung sind noch nicht konkret faßbar, obwohl sich besonders in den USA die Industrie mehr und mehr für das Anwendungspotential der Raumfahrt unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit interessiert.

Die nächsten Jahre werden hauptsächlich der Grundlagenforschung auf diesem Gebiet gewidmet werden, die im Rahmen einer europäischen Gemeinschaftsaufgabe vorangetrieben wird. Daneben sollten jedoch spezifische Anwendungen, welche langfristig Aussicht auf kommerziellen Erfolg bieten, national durch Förderprojekte unterstützt werden. Dadurch wird die technologische Führungsrolle der Bundesrepublik Deutschland gewahrt und ausgebaut.

Dementsprechend werden die jetzt vorhandenen Systeme im wesentlichen eingesetzt werden für:

- Verbesserung terrestrischer Verfahren
- Herstellung und Produktion seltener, teurer Materialien

Grundsätzlich ist der Trend zu größeren Systemen, die eine lange und ungestörte Schwerelosigkeit sicherstellen, zu sehen, wobei der direkte Einfluß des Menschen benötigt wird, um optimale Ergebnisse zu erzielen.

Diese Entwicklung kann aber nur dann zügig erfolgen, wenn genügend Fluggelegenheiten angeboten werden, bei denen jeweils die Zugriffsraten kurz sind.

### 3.2.4 Programmvorschlag

Für die zukünftige Forschung unter Schwerelosigkeit sollten folgende Schwerpunkte vorrangig behandelt werden:

- Physik der Flüssigkeiten und Gase
- Metallurgie einschließlich Verbundwerkstoffe und Gläser
- Kristallphysik
- Chemie und physikalisch-chemische Verfahrenstechnik
- Bioprozessing
- Biomedizin
- Biologische Forschung

Wo möglich sollte die Umsetzung der Forschungsergebnisse in die kommerzielle Nutzung gefördert werden (z.B. für pharmazeutische Produkte). Zur Durchführung dieser Aufgaben sind Voraussetzungen und Entwicklungen im System und bei der Technologie erforderlich, die zum Teil in andere Programmbereiche gehören.

### Systeme

Spacelab-Missionen im Abstand von 2 Jahren unter Ausnutzung internationaler Mitfluggelegenheiten (z.B. IML)

- Entwicklung von 2 weiteren Spacelabelementen (Doppelracks)
- Plattformmissionen im alternierenden 2 Jahresrhythmus
- Entwicklung von Nutzlastinstrumentarium

### Technologie

- Versuchsapparate und -techniken
- Vorrichtungen, die geeignet sind, Versuchsanlagen von Störbeschleunigungen abzukoppeln.
- Vorrichtungen für Reparaturen und Wartung im Weltraum.

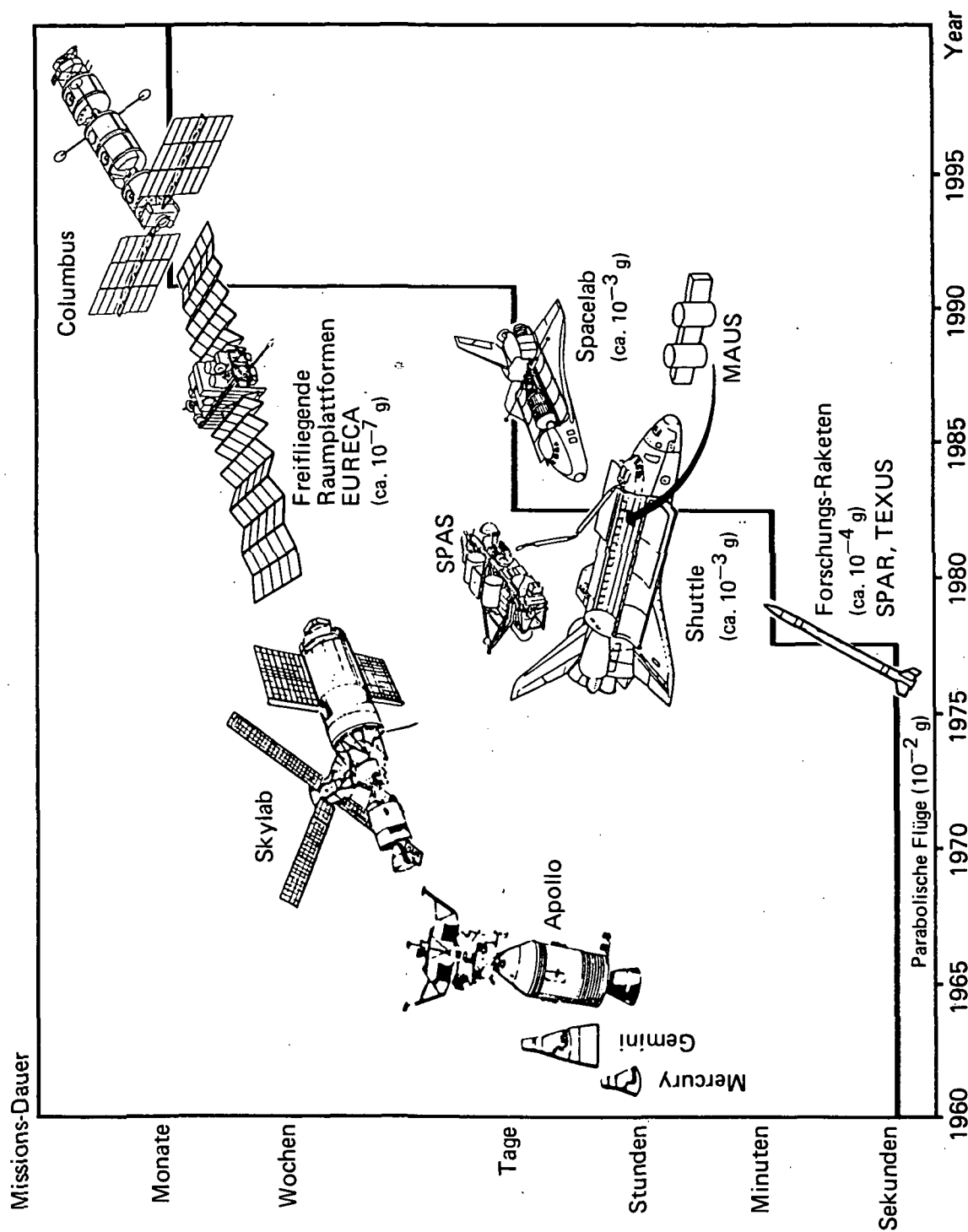


Abb. 3.2-1: Erreichbare  $\mu$ -g Werte und Einsatzdauer



### 3.3 Erdbeobachtung

#### 3.3.1 Überblick

Unter Erdbeobachtung versteht man im allgemeinen die Erfassung und die Untersuchung dynamischer Phänomene in der Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre und Biosphäre sowie deren gegenseitigen Abhängigkeiten. Beobachtungen aus Raumfahrzeugen stellen ein unentbehrliches Mittel für eine wirtschaftliche und synoptische Datengewinnung dar. Diese Datengewinnung wird sinnvollerweise ergänzt durch Flugzeug- und Bodenmessungen (Ground Truth). Alle Messungen zusammen erlauben dann eine exakte Datenauswertung und Interpretation der entsprechend verarbeiteten Daten.

Langjährige Vorarbeiten sowie programmatische Aktivitäten haben in den letzten Jahren dazu geführt, die Erdbeobachtung in 4 Nutzungsdisziplinen zu untergliedern. Diese Unterteilung wird auch bei den nachfolgenden Kapiteln beibehalten.

- Physik der Atmosphäre, Meteorologie und Klimatologie
- Physik der Ozeane und des Polarkreises
- Landanwendung
- Physik der festen Erde, Geodäsie, Geodynamik, Kinematik.

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Anwendungsbeispiele innerhalb dieser 4 Teilgebiete wiedergegeben (Abb. 3.3--1):

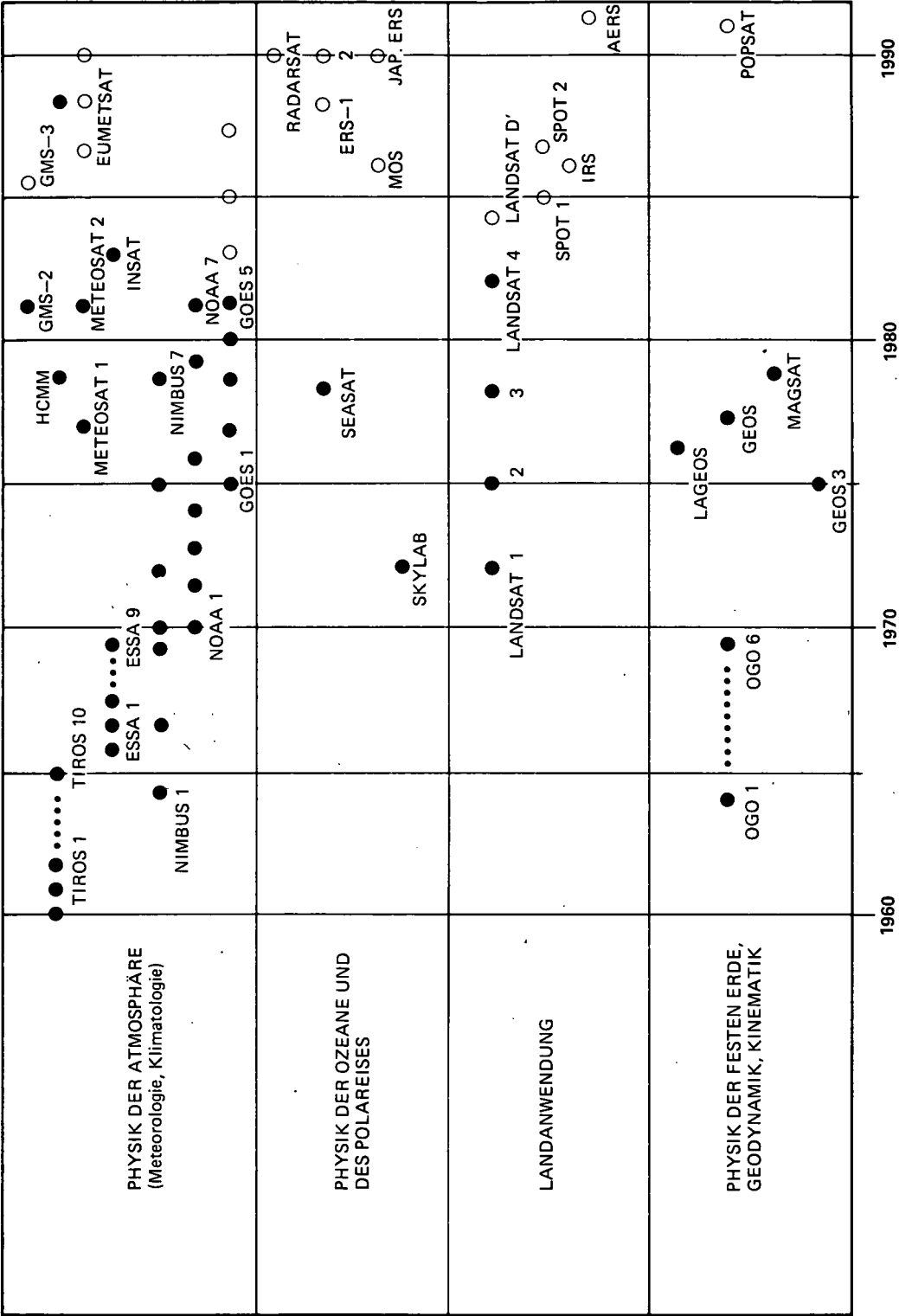


Abb. 3.3-1: Durchgeführte (●) und geplante (○) Erdbeobachtungsmissionen

### 3.3.2 Derzeitige Situation

#### Physik der Atmosphäre - Meteorologie

Die operationellen, auf niedrigen Polarbahnen umlaufenden Satelliten der NOAA- und der Meteor-Serie stellen für die allgemeine Nutzung die meteorologischen Daten weltweit zur Verfügung. Zusätzlich werden in das globale Wettersatellitennetz die Daten der geostationären Wettersatelliten eingespeist, wobei der europäische METEOSAT an das globale Wetterbeobachtungssystem angebunden ist und neben den beiden amerikanischen GOES, dem japanischen GMS, dem für 1984 geplanten russischen GOMS und dem experimentellen indischen INSAT das weltweite System ergänzt.

#### Physik der Atmosphäre - Klimatologie

Den Orientierungsrahmen der Klimatologie bildet das Weltklimaprogramm der WMO (World Meteorological Organisation) und das darin eingebettete Klimaforschungsprogramm der Bundesrepublik Deutschland. Gemeinsames Ziel dieser Programme ist es, mögliche Klimaveränderungen, die sowohl natürlichen Ursprungs als auch Folge anthropogener Einflüsse sein können, zu erfassen und deren Auswirkungen auf die Biosphäre zu untersuchen. Die Zustände der Atmosphäre sind nur unter Berücksichtigung der Wechselwirkung der Atmosphären mit dem Ozean, der Kryosphäre, den Landmassen und der Biosphäre zu verstehen.

Für klimatologische Messungen aus dem Weltraum wurden bisher vorwiegend Daten von Wettersatelliten und von Einzelinstrumenten auf experimentellen Satelliten verwendet. Teilweise sind auch die Daten von Erderkundungssatelliten (LANDSAT, SEASAT, SPOT, ERS) von Nutzen.

Um jedoch höhere Meßgenauigkeiten und bessere Überdeckungsraten zu erreichen, plant die NASA die Entwicklung eines speziellen Klimasatellitensystems. In Europa sind Durchführbarkeitsuntersuchungen gemacht und für Einzelinstrumente Entwicklungen begonnen worden.

### Physik der Ozeane und des Polareises

Mit dem Start des amerikanischen Satelliten SEASAT im Jahre 1978 wurde ein entscheidender Schritt in Richtung ozeanographischer Datengewinnung getan. Die durch den Ausfall des Satelliten bedingte relativ kurze Mission hatte in den USA zur Folge, daß eine Konzentration auf Shuttle-Missionen erfolgte mit Instrumentenentwicklungen der SIR (Shuttle Imaging Radar)-serie.

Europa forcierte das Anwendungsgebiet Ozeanographie, was durch die Planung des ERS-1 (Start 1989) sowie des ERS-2 (Start ca. 1991) zum Ausdruck kommt. Deutschland konzentrierte sich auf Technologieentwicklung (SAR-Antenne, SAR-Processor) und Instrumentenentwicklung. Das MRSE kam beim ersten Spacelabflug im November 1983 zum Einsatz und kann als Vorläufer des ERS-1 Scatterometer angesehen werden.

### Landanwendung

Seit 1972 sind US-Satelliten der LANDSAT-Serie im Einsatz zur Gewinnung hochauflösender Multispektraldaten der gesamten Erdoberfläche. Die nächste Generation optischer Abtaster (Thematic Mapper) wurde auf LANDSAT D, wenn auch relativ kurz, erfolgreich erprobt. In der Bundesrepublik Deutschland wurden Instrumentenentwicklungen durchgeführt, wobei vor allem neben dem MRSE (SAR-Mode), MOMS und die Metrische Kamera zu erwähnen sind, die 1983 ihre Flugerprobung absolviert haben (SPAS 01 und FSLP).

### Physik der festen Erde, Geodäsie, Geodynamik und Kinematik

Das Hauptinteresse ist die wissenschaftliche Erforschung der Erdkruste, vor allem ihrer Struktur und Dynamik. Als Aufgabenstellung steht besonders das Problem der Erdbebenvorhersage und der Lagerstättenforschung im Vordergrund.

Die für diese Aufgaben notwendigen Meßanforderungen beinhalten dabei primär hochgenaue Ortsbestimmung, Zeitsynchronisation, Magnetfeld- und Beschleunigungsmessung.

Bisher wurden für diese Missionszwecke vorwiegend in den USA Satellitensysteme konzipiert und geflogen (GEOS, MAGSAT), während in Europa die erste konkrete Instrumentenentwicklung im Rahmen ERS-1 mit PRARE begonnen wurde.

### 3.3.3 Trend

#### Physik der Atmosphäre - Meteorologie

Während bislang bei den polarumlaufenden Satelliten der NOAA-Serie die Wetterdaten kostenlos zur Verfügung gestellt wurden, sind neuerdings Bestrebungen im Gange, sowohl dieses System zu kommerzialisieren und entsprechende Gebühren einzuziehen als auch die Anzahl der Satelliten zu reduzieren und damit die Wiederholrate/Überdeckung für Europa zu schmälern. Dadurch ergibt sich für Europa unter Umständen die Notwendigkeit, ähnliche Satellitensysteme zu entwickeln und zu betreiben.

Im Rahmen der geostationären Wettersatelliten wurde der Übergang von METEOSAT von der experimentellen zur operationellen Phase praktisch in 1983 vollzogen, nachdem die Betreiberorganisation EUMETSAT gegründet wurde. Das EUMETSAT-Programm sieht vor, 3 praktisch identische METEOSAT-Satelliten im Mai 1987, im Herbst 1988 und Anfang 1990 zu starten.

#### Physik der Atmosphäre - Klimatologie

Die mittelfristige Zielsetzung geht davon aus, daß für die Klimatologie eigene umlaufende, geosynchrone und/oder geostationäre Satellitensysteme benötigt werden, deren Instrumentierung bis mindestens 1990 nur durch experimentelle Missionen verifiziert werden kann. Zu Beginn der

90er Jahre ist mit dem Aufbau operationeller Systeme im Rahmen internationaler Kooperation zu rechnen.

#### Physik der Ozeane und des Polareises

Neben den deutschen Aktivitäten in Richtung MRSE-Wiederflug und Ausbau der Mikrowellenentwicklung in Richtung X-SAR sowie den Aktivitäten im europäischen Programm bei ERS-1 und Folgeprogrammen führten die speziellen Probleme in Kanada (Polareis, Schifffahrt etc.) zur Planung eines eigenen RADARSAT. Dieses System soll auf der Basis von ERS-1 (Spot-Plattform) oder Olympus-Plattform im Jahre 1990 zum Einsatz kommen. Ergänzend zu diesen Planungen will Japan den MOS (Marine Observation Satellite) im Jahre 1986 starten, um die für Japan relevanten ozeanographischen Messungen durchführen zu können.

Die Messungen können neben Überwachungsaufgaben zur Verbesserung des Fischfangs, zur Optimierung der Schiffsrouten sowie der Betriebssicherheit von Off-Shore Plattformen herangezogen werden.

#### Landanwendung

In Frankreich wird im Jahre 1985 der erste SPOT-Satellit gestartet, der zwei hochauflösende optische Instrumente (HRV) mit neuer Sensortechnologie (CCD) trägt. Nachfolgende SPOT-Satelliten werden für ein operationelles kommerzielles System sorgen (SPOT IMAGE). Eine Reihe weiterer Länder plant derzeit die Entwicklung eigener Erderkundungssatelliten (Brasilien, China, Indonesien, Japan, UdSSR) bzw. betreibt bereits einen eigenen Satelliten (Indien). Bei der ESA wird in Fortsetzung des ERS-1 und ERS-2 für ozeanographische Messungen die Planung in Richtung Landbeobachtung vorbereitet.

Dabei wird basierend auf der jetzigen Technologie die Weiterentwicklung des SAR betrieben, wobei auch verbesserte optisch abbildende Instrumente zum Einsatz kommen werden. Langfristig ist vor allem bei der Ozeanüberwachung und bei der Landanwendung ein operationelles System

anzustreben, wobei die Bundesrepublik Deutschland neben den technischen Entwicklungen auch verstärkt die nutzungsorientierten Aspekte (auch militärische Aufklärung) vorantreiben sollte.

Physik der festen Erde, Geodäsie, Geodynamik und Kinematik

In konsequenter Fortsetzung der Instrument-Aktivitäten bei PRARE im Rahmen des ERS-1 Projektes werden zur Zeit unter der Satellitenbezeichnung POPSAT hochgenaue Entfernungsmessverfahren mit einer Genauigkeit von ca.  $\pm 1$  cm konzipiert; die Gesamtverifikation der hochgenauen Ortsbestimmung könnte etwa 1992 erfolgen.

#### 3.3.4 Programmvorschlag

##### Systeme

Physik der Atmosphäre - Meteorologie

Für Deutschland bzw. für Europa sind im Rahmen der Meteorologie in den nächsten Jahren folgende Programmziele anzustreben:

- Aufbau eines polarumlaufenden Satellitensystems
- bei den geostationären Wettersatelliten ist der Übergang von spin-stabilisierten Satelliten zu dreiachsstabilisierten Satelliten mit dem Beginn der 90er Jahre durch die Ablösung der METEOSAT-Reihe durch eine 2. Generation METEOSAT geplant.
- Weiterentwicklung von optischen und Mikrowelleninstrumenten (abbildende Radiometer, Vertikalsondierer, passive MW Radiometer).

Physik der Atmosphäre - Klimatologie

Bei der Klimatologie sind in den vergangenen Jahren erst bescheidene Ansätze in Richtung Klimaprogramm erkennbar.

- Neben den Instrumentenentwicklungen im Rahmen von STS/Spacelab-missionen sind Klimanutzlasten auf anderen Satellitensystemen (Erd-erkundung, Meteorologie) vorgesehen (Radiometer, Vertikalsondierer, LODAR).
- Systemseitig ist für die Klimatologie ein eigener umlaufender geo-synchroner Satellit empfohlen.

#### Physik der Ozeane und des Polareises

- Die Bundesrepublik Deutschland sollte sich bei den Systemen ver-stärkt beim europäischen Programm der ozeanographischen Satelliten ERS-1 und Nachfolger engagieren.
- Weiterentwicklung der entsprechenden Instrumente im nationalen Programm (Wind- und Wellenscatterometer mit doppelter Streifen-breite, zweifrequenzaltimeter und optisch abbildende Instrumente).

#### Landanwendung

- Beteiligung bei den Satellitensystemen im europäischen Programm.
- Instrumentenentwicklung (2 Frequenz-SAR mit doppelter Streifen-breite und mehreren Polarisationen, STEREO-MOMS, verbesserte metrische Kamera).

#### Physik der festen Erde, Geodynamik, Kinematik

- Beteiligung der Bundesrepublik Deutschland bei den Systemen im europäischen Programm (POPSAT).
- Instrumentenentwicklung (Radar, Laser).



### Technologieaufgaben

Technologieaufgaben beziehen sich vor allem auf die Instrumentierung der im vorangegangenen Kapitel vorgeschlagenen Systeme. Dies bedeutet, es werden im wesentlichen die technologischen Verbesserungen der entsprechenden Sensoren erfaßt

- optische Systeme
- Mikrowellensysteme

### 3.4 Satelliten-Kommunikations- und Navigationssysteme

#### 3.4.1 Überblick

##### Kommunikation

Mit dem Start des ersten Nachrichtensatelliten "Early Bird" im Jahre 1965 wurde erstmals ein neues Medium für Nachrichtenübertragung über die bis dahin bekannten Systeme hinaus zur Verfügung gestellt. Ein damals nicht erwarteter Anstieg des Bedarfs dieser neuen Nachrichtenübertragungsmöglichkeit führte zu einem weltweiten Ausbau der Satelliten-Kommunikation. Mit Steigerungsraten zwischen 15 und 25 % pro Jahr haben die Nachrichtensatelliten heute als Übertragungsmedium einen festen Platz neben den klassischen, terrestrischen Systemen eingenommen.

In Ergänzung zum INTELSAT-System, das von mehr als 100 Mitgliedsländern getragen wird, wurden zwischenzeitlich regionale und nationale Satellitensysteme etabliert oder befinden sich im Aufbau.

Im Laufe der Jahre haben auch immer mehr Länder der dritten Welt beschlossen, die Übertragungskapazitäten der INTELSAT-Satelliten für ihre nationalen Bedürfnisse einzusetzen und nur die notwendige Bodeneinrichtung selbst zu beschaffen, die als integraler Bestandteil des Nachrichtensystems zum "Raumsegment" Satellit gehört.

##### Navigation

Die bestehenden Funknavigationssysteme sind nicht in der Lage, die heute an sie gestellten Aufgaben voll zu erfüllen. Daher müssen für ein zukünftiges Standard-Navigationssystem neue Wege beschritten werden.

Verbindliche Regelungen für alle Navigationsbedarfsträger sind einzuführen mit dem Ziel, Ausrüstungen und Navigationssysteme zu verein-

heitlichen und die Navigationsmöglichkeit der Verkehrsteilnehmer zu steigern sowie eine Aufwandsminderung zu erreichen.

### 3.4.2 Derzeitige Situation

#### Kommunikation

Durch den steigenden Bedarf an Nachrichtenübertragungskapazitäten gibt es neben dem INTELSAT-System viele regionale und nationale Systeme. Beispiele dafür sind ARABSAT für die arabische Liga, ESC für Europa, Telecom für Frankreich und DFS für Deutschland.

Die vorgenannten Systeme sind reine Fernmeldesatelliten-Systeme und haben keine Direkt-Fernseh-Rundfunkversorgungsfunktion. Diese Satellitensysteme als TV-Sat oder DBS bezeichnet, werden in Zukunft ebenso eine wichtige Rolle in der Kommunikations-Satelliten-Technologie spielen.

Es zeichnet sich immer deutlicher die führende Position amerikanischer Firmen auf dem Gebiet der Kommunikationssatelliten ab. Die zeitlichen Realisierungs- und Preisvorteile, bedingt durch militärische und kommerzielle Inlandsprojekte, sind aus heutiger Sicht in den nächsten 15 Jahren von keinem europäischen Raumfahrtunternehmen zu unterbieten.

Möglichkeiten, im internationalen Bereich Nachrichtensatellitensysteme zu vermarkten, gibt es für Europa nur dann, wenn aus politischen Gründen die amerikanischen Firmen nicht in Betracht kommen, die entsprechenden nationalen Unternehmen durch den Staat gefördert werden oder im Markt technische Leistungsvorteile geltend gemacht werden können.

Ferner bestehen im internationalen Geschäft Marktmöglichkeiten für hochspezialisierte Subsysteme und Geräte als Zulieferungen (z.B. im INTELSAT-Geschäft, wo die Systemführer auf eine Mitarbeit europäischer Unternehmen angewiesen sind).

Der japanische Markt ist für Europa z.Z. nicht zugänglich.

## Navigation

Navigationssatellitensysteme werden in den letzten Jahren im verstärkten Maße geplant und teilweise bereits entwickelt. Die Planung bezieht sich regional und weltweit auf militärische und zivile Systeme.

Am weitesten fortgeschritten ist das US-System GPS-NAVSTAR (Global Positioning System - Navigation System with Timing and Ranging), das Anfang der 90er Jahre voll operationell verfügbar sein soll.

Ein weiteres Navigationssatellitensystem im Entwicklungsstadium ist das russische GLOMAS-System, das dem US-NAVSTAR ähnlich ist.

Für eine regionale US-Anwendung ist auf privater Basis das GEOSTAR-System konzipiert worden.

Die Anforderungen an ein globales Navigationssystem, speziell für den Seefunk, werden derzeit von der IMO (International Maritime Organisation) erarbeitet. Seit Beginn der achtziger Jahre wird in einigen europäischen Ländern und bei der europäischen Weltraumorganisation ESA (MAYSAT) an Konzeptaspekten für ein solches System gearbeitet.

Das BMFT unterstützt durch Fördermaßnahmen Untersuchungen für satellitengestützte weltweite Navigationssysteme sowie die internationalen Bemühungen, Satelliten für Navigation einzusetzen (SERES, GRANAS).

### 3.4.3 Trends

## Kommunikation

Neben der amerikanischen Dominanz wird in Japan sehr intensiv an der Weiterentwicklung moderner Raumfahrttechnologien insbesondere im Be-

reich der Kommunikationssatelliten gearbeitet. Noch werden mit diesen Entwicklungen nur die Inlandsbedürfnisse abgedeckt, wobei eine internationale Vermarktung der japanischen Produkte sicher in nicht allzu ferner Zukunft liegen dürfte.

Um langfristig die Marktchancen zu verbessern, ist die Realisierung von europäischen bzw. nationalen operationellen Nachrichtensatelliten jetzt und in naher Zukunft eine unabdingbare Forderung. Dabei ist zu berücksichtigen, daß eine langfristig angelegte Preisanpassung der national angebotenen Systeme an die von amerikanischen Firmen angebotenen nur dann erfolgsversprechend ist, wenn nationale Unterstützung sichergestellt ist.

Die fortschreitende Entwicklung auf technologischem Gebiet sowie die Planung neuer Kommunikations-Satelliten-Systeme in USA, Frankreich und England, nicht zuletzt auch auf militärischem Gebiet, wird für die Raumfahrtindustrie der Bundesrepublik Deutschland zu einem gravierenden Problem, sofern eine mittel- bzw. langfristige Planung national nicht ein spezielles technologisches Förderprogramm vorsieht.

#### Globaler Nachrichtenverkehr

Die Steigerungsraten des internationalen Nachrichtenverkehrs verlangen zur Deckung des zukünftigen Bedarfs an Übertragungskanälen nicht nur mehr die nächste General INTELSAT VII, sondern bereits im Jahr 1985 sog. "Dedicated Satellites".

Aufgrund der Größe dieser Satelliten könnte ein Einstieg ins INTELSAT-Geschäft für deutsche Raumfahrtunternehmen als Systemverantwortlicher realistischer werden.

#### Regionaler Nachrichtenverkehr

Die regionalen Nachrichtensatellitensysteme in Europa wie EUTELSAT, Telecom 1 und Tele-X werden in den kommenden Jahren durch das DFS

und INTELSAT-System ergänzt werden. Außerdem ist mit ATHOS die Erprobung eines regionalen Nachrichtensatellitensystems für die französisch sprechenden afrikanischen Länder vorgesehen.

#### Direkte Fernsehversorgung

Die Beauftragung des TV-Sat/TDF1 Programms schien der europäischen Raumfahrtindustrie einen zeitlichen Vorsprung gegenüber den Amerikanern zu sichern. Als jedoch im Jahr 1982 RCA den Auftrag zum Bau von 4 DBS mit Start im Juni 1985 erhielt, entstand eine Konkurrenzsituation für die europäische und insbesondere die deutsche Raumfahrtindustrie. Inzwischen haben weitere amerikanische Organisationen ein wirtschaftliches Interesse zur Vermarktung des DBS bekundet.

Seit Mitte 1983 ist die Volksrepublik China dabei, ein selbständiges, sogenanntes "Semi-Direct" Fernseh-Rundfunk-Satellitensystem zu definieren und zu beschaffen; hierfür hat die Bundesrepublik gute Auftragschancen.

#### Spezielle Dienste (Mobilfunk, Datenverbund)

Die Inbetriebnahme und Nutzung von SBS in den USA hat auch für Europa Signale gesetzt. Neue Kapazitäten zur Übertragung von Breitbandsignalen können sowohl autark als auch im Verbund mit terrestrischen Systemen betrieben werden. Außer dem 14/12 GHz-Bereich, der für Multidienste exklusiv genehmigt wurde, sind bei DFS auch Übertragungsmöglichkeiten bei 30/20 GHz gegeben. Entsprechende Planungen werden u.a. bei EUTELSAT, INMARSAT und in Kanada durchgeführt.

#### Neue Technologien

Der Trend zur Einführung höherer Frequenzbereiche erfordert die Entwicklung von Mikrowellengeräten in dem 30/20 GHz Frequenzbereich. Daneben ist auch zur effizienteren Nutzung der Übertragungskanäle die Einführung von regenerativen Repeatern erforderlich. Die bereits vor

einigen Jahren begonnene Grundlagenentwicklung sollte wieder aufgegriffen und in eine anwendbare Raumfahrttechnologie übergeleitet werden.

## Navigation

In dem zivilen Bereich der Luftfahrt, Schifffahrt und dem Landverkehr bestehen unterschiedliche Anforderungen in Bezug auf die Ortung und Navigation. Hierzu findet, auch historisch bedingt, eine Vielzahl von Verfahren und Systemen Anwendung, die teilweise auch im Verbund eingesetzt werden, um die erforderlichen Minimalforderungen an Genauigkeit, Bedeckung und Verfügbarkeit zu erreichen. Bedingt durch die verstärkt zunehmende Verkehrsdichte und die wachsende Bedeutung von Rationalisierungsmaßnahmen besteht der eindeutige Trend in allen drei Anwendungsbereichen nach einem weltweiten und kostengünstigen Navigationssystem, das die Forderung einer ständigen Verfügbarkeit und ausreichenden Genauigkeit erfüllt und nur begrenzten politischen Einflüssen unterworfen ist.

Die Einrichtung und der Betrieb satellitengestützter Navigationssysteme wird auch für Länder mit unzureichenden Infrastrukturen eine zunehmende entwicklungspolitische Bedeutung erlangen. Auch hier sind verstärkt Anstrengungen geboten, um für zukünftige partnerschaftliche Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern und die Erschließung neuer Märkte präsent zu bleiben.

### 3.4.4 Programmvorschlag

#### Systeme

##### Kommunikation

Die Bundesrepublik Deutschland hat mit der Einführung von TV-Sat und DFS bereits die für dieses Land sinnvollen Nachrichten-Satelliten-Systeme

beschlossen. Durch die sich rasch verbessernden technologischen Möglichkeiten ergibt sich die Notwendigkeit, die nächste Generation der jeweiligen Systeme rechtzeitig planerisch und systemtechnisch aufzugreifen. Es ist daher notwendig, bereits im Jahr 1984 mit Planungsstudien für eine mögliche 2. Generation des DFS zu beginnen.

- Durchführung einer Systemstudie für ein nationales militärisches Fernmeldesatellitensystem
- Vorbereitende Arbeiten zur präoperationellen Erschließung neuer Frequenzbereiche für
  - \* Einführung des 20/30 GHz Frequenzbereichs für nationale Systeme
  - \* digitale Satellitenübertragungssysteme
  - \* Konzept für Vermittlungseinrichtungen im Satelliten
  - \* Realisierungsmöglichkeiten bei Einsatz größerer Satelliten-Plattformen gegen Ende der 90er Jahre, unter Berücksichtigung von ankoppelbaren Nutzlasten.

## Navigation

Bei dem Aufbau eines Navigationssatellitensystems sollte die Bundesrepublik Deutschland im Rahmen von internationalen Vorhaben eine aktive Rolle spielen, um sich damit einen angemessenen Anteil und eine Mitwirkung an einem entsprechenden weltweiten System und dem zu erwartenden Markt für die Satelliten-, Boden- und Nutzsegmente zu sichern.

- Konzeptuntersuchung und Mitarbeit im internationalen Rahmen bei der Definition eines satellitengestützten Navigationssystems (GRANAS)
- Aktive deutsche Beteiligung bei der Entwicklung und Erprobung eines präoperationellen Navigationssystems



- Versuchsprogramm in Verbindung mit dem GPS-NAVSTAR.

### Technologie

Neben Systemstudien sind technologische Weiterentwicklung, unter Berücksichtigung der internationalen Trends, auf folgenden Gebieten von größter Bedeutung:

#### Kommunikation

- \* Großantennen (Reflektortechnologien)
- \* Vielfachspeisesysteme
- \* moderne Nutzlasten, die z.B. aktive Antennen und hochintegrierte Transpondergeräte beinhalten
- \* regenerative Repeater für verschiedene Bitraten
- \* 20/30 GHz Nutzlasten
- \* ISL-Transponder
- \* "onboard-processing"-Geräte (SSTDMA)
- \* Solid-State-Power-Amplifier als TWTA-Ersatz
- \* Linearisierungsnetzwerke
- \* Schaltmatrizen für verschiedene Frequenzbereiche

#### Navigation

- \* Navigationsempfänger

### 3.5 Energietechnische Systeme

#### 3.5.1 Überblick

Als Folge der Energiekrise in den 70er Jahren rückten verstärkt verschiedenste Möglichkeiten alternativer Energiegewinnung in den Mittelpunkt der Diskussion. Schwerpunktmäßig wurden im Zusammenhang mit der Raumfahrt insbesondere die Themen

- Umwandlung des Sonnenlichts in elektrische Energie und Transport zur Erde mittels Mikrowellen oder Laserstrahlen (Energie-Satellit, SPS - Solar Power Satellite, Orbital-Kraftwerke) sowie
- Entsorgung radioaktiver Abfälle aus Kernkraftwerken in den Weltraum

betrachtet.

Während der Transport von nuklearem Abfall in den Weltraum aus verschiedenen Gründen (u.a. Sicherheitsfragen, Akzeptanz durch die Öffentlichkeit) inzwischen kaum noch diskutiert wird, hat die Idee eines Energiesatelliten gerade durch die Entwicklung der Raumfahrttechnik in den letzten Jahren insbesondere in Verbindung mit den Plänen für bemannte Raumstationen an Aktualität gewonnen. Hierbei steht nicht das Orbitalkraftwerk als konkretes Projekt im Vordergrund, sondern vielmehr das technologische Ziel, für die Energieversorgung zukünftiger Weltraumprojekte (z.B. Cluster-Satelliten, erste und spätere Raumstationen) geeignete, kosteneffiziente Technologien rechtzeitig verfügbar zu haben, die den Übergang zu erheblich gesteigerten Produktionsraten erlauben. Damit wird zugleich die Option für einen späteren Energiesatelliten offengehalten.

### 3.5.2 Derzeitige Situation

Energietechnische Aspekte sind bei den bisherigen und für die nächste Dekade geplanten Weltraumprojekten kein Selbstzweck im Sinne eines Missionsziels, sondern - und dies allerdings bei sämtlichen Vorhaben - eine unumgängliche Voraussetzung für jedes Projekt. Zugleich zeigt sich ein eindeutiger Trend zu immer höheren Anforderungen, resultierend aus zwei Fakten:

- die Entwicklung im Bereich der Nachrichten-Satelliten von der Punkt-zu-Punkt-Kommunikation (mit relativ aufwendigen, großen Bodenstationen) hin zu direktsendenden Satelliten erfordert hohe Empfangsfeldstärken im Empfangsgebiet und damit entsprechende bordseitige Sendeleistungen,
- für die Nutzung des Weltraums als Labor (für z.B. Materialwissenschaften) und zukünftig auch als Produktionsstätte ist die Verfügbarkeit ausreichender elektrischer Energie Voraussetzung.

Die gegenwärtig gestellten Aufgaben sind mit den heute vorhandenen und in Entwicklung befindlichen Technologien zu lösen. Die in Deutschland verfügbaren Technologien repräsentieren - auch im internationalen Vergleich - den Spitzenstandard. Demonstriert wird der hohe technologische Standard der deutschen Industrie sehr deutlich durch den wiederholten Einsatz von Solargeneratoren in nicht-europäischen Projekten wie CTS/Hermes (Kanada), IUE (NASA) und Space Telescope (NASA).

Es ist jedoch anzumerken, daß die gute Position der deutschen Industrie im internationalen Vergleich - insbesondere zu USA - unter erheblich erschwerten Bedingungen errungen und gehalten werden kann, die - am Beispiel der Solarzellen - aus zwei Aspekten deutlich werden:

- allein der nicht-militärische Markt in USA ist etwa 5 bis 10 mal größer als der für die deutsche Industrie zugängliche Markt, damit ergibt sich - abgesehen von den wirtschaftlichen Möglichkeiten einer

mehrfach höheren Massenproduktion - eine erheblich größere Basis für die Finanzierung von Eigenentwicklungen,

- der militärische Markt in USA erreicht noch einmal dieselbe Größenordnung; gleichzeitig bieten militärische Programme die Möglichkeit für Technologie- und Produktentwicklungen, für die ein ziviler Markt noch nicht vorhanden ist.

Diese für die deutsche Industrie nachteilige Situation wurde bisher durch eine zielgerichtete nationale Förderungspolitik kompensiert. Gerade auf dem Gebiet der Energieerzeugung war diese Politik außerordentlich erfolgreich.

Da z.B. Solargeneratoren als Stromquelle für alle Satelliten benötigt werden, kommt jede technologische Verbesserung de facto allen Raumfahrt-Projekten zugute. Andererseits wird die Entwicklung in diesem Bereich primär auf die Verbesserung und Neueinführung von Komponenten und Fertigungsverfahren konzentriert, wodurch eine optimale Effizienz der Entwicklungsaufwendungen erreicht wird. In Summe zeigt sich, daß der Nutzen in diesem Bereich - gemessen am Umsatz relativ zu den hierfür erforderlichen Entwicklungsmitteln - dem Nutzen in anderen Arbeitsgebieten deutlich überlegen ist. Ähnliche Überlegungen gelten auch für die Energieaufbereitung.

Die bisherigen und gegenwärtigen Energiesysteme für Satelliten decken einen Leistungsbereich bis ca. 5 kW ab. Die weltweit hierfür eingesetzte Technologie basiert auf der Si-Solarzelle, die in der Vergangenheit ständig weiter verbessert wurde. Der heutige Stand ist gekennzeichnet durch die BSFR-Zelle (back surface field reflector), deren Einsatz in kommenden Projekten vorgesehen ist.

Die bisher realisierten Solargenerator-Konzepte, in denen die europäische Industrie weltweit führend ist, sind in ihrer heutigen Auslegung, je nach Typ, für einen Energiebedarf bis etwa 20 kW ausgelegt. Neuere Systeme,

die z.T. schon entwickelt werden, reichen bis etwa 50 kW. Alternative Auslegungen wie konzentrierende Generatoren, ggf. unter Einsatz anderer Solarzellen (z.B. GaAs) werden in Studien erarbeitet.

Die Energieaufbereitung wurde primär von den Anforderungen der derzeitigen Nachrichtensatelliten bestimmt; abweichend von diesem generellen Trend wurde mit SPACELAB die Entwicklung von Hochleistungssystemen für Leistungen  $> 10$  kW und bemannte Raumfahrzeuge begonnen, die es im Hinblick auf zukünftige Raumstationen fortzusetzen gilt.

Die Energiespeicherung ist gekennzeichnet durch das Vordringen der Metall-Wasserstoffzellen, die aufgrund ihrer überlegenen Kapazitäts-/Gewichts-Relation insbesondere für zukünftige erdnahe Missionen an Bedeutung gewinnen werden.

### 3.5.3 Trend

Der Leistungsbedarf künftiger Raumfahrtprojekte wird sich über das Niveau der bisherigen Satelliten hinaus in den Bereich einiger 10 kW (z.B. für Cluster-Satelliten und europäische Raumplattformen/-stationen) bzw.  $> 100$  kW für die US-Raumstation entwickeln. Der für das COLUMBUS-Konzept geschätzte Energiebedarf erfordert bereits einen Solargenerator mit einer Leistung von ca. 60 kW. Für die Realisierung dieser Projekte werden geeignete Konzepte benötigt, die - im Vergleich zu bisherigen und derzeitigen Systemen - das Interface zum Astronauten mit einbeziehen. Der Verzicht auf eine eigenständige deutsche Entwicklung einer für diese Leistungsklasse geeigneten Solargenerator-Technologie würde mittelfristig zu einer gefährlichen Abhängigkeit von den USA führen.

Im Hinblick auf die Größe zukünftiger Solargeneratoren gewinnt das Interface mit der Lageregelung wesentlich an Bedeutung, zugleich jedoch auch der Kostenfaktor. Um hier Fehlentwicklungen zu vermeiden und die derzeitige Konkurrenzfähigkeit auch zukünftig zu halten, sollten detaillierte Untersuchungen zur Realisierbarkeit zukünftiger Solargenerator-Konzepte unter Einsatz neuer Technologien durchgeführt werden.

Mit der Verfügbarkeit europäischer Raumplattformen in den 90er Jahren bietet sich die Möglichkeit, das Prinzip eines Energiesatelliten experimentell zu erproben. Die hierfür erforderlichen technologischen Voraussetzungen, primär in den Bereichen

- Stromerzeugung
- Energietransport zur Erde (Mikrowellen, Laser)

sollten für ein entsprechendes Experiment rechtzeitig vorbereitet werden.

#### 3.5.4 Programmvorschlag

##### Systeme

Die mögliche Realisierung eines Energiesatelliten innerhalb der nächsten zwei Dekaden ist so gut wie ausgeschlossen. Ausführliche Studien in den vergangenen Jahren haben keine unüberwindlichen Hindernisse aufgezeigt. Jedoch erst nach Einrichtung einer permanenten Raumstation können die mit der Errichtung eines Energiesatelliten verbundenen Problemstellungen sowohl entscheidend besser beurteilt als auch experimentell untersucht werden.

Um jedoch etwa Mitte der 90er Jahre ein Experiment durchführen zu können, sind bereits jetzt die notwendigen Vorarbeiten in Form von Studien und Technologie-Entwicklungen zu beginnen. Nur so kann erreicht werden, daß die Bundesrepublik auf diesem zukünftig wichtigen Gebiet entsprechend ihren technologischen Fähigkeiten beteiligt sein wird.

##### Technologie

Entscheidende Kriterien für die Erfolgsaussichten eines Energiesatelliten sind

- Erzeugung der elektrischen Energie aus dem Sonnenlicht in einem Maßstab (Größenordnung ca.  $10^{10}$  W), der alle bisherigen Anforderungen um den Faktor  $10^6$  übertrifft.
- Umwandlung der elektrischen Energie und Transport zur Erde mittels Mikrowellen oder durch Einsatz von Lasern.

Die technologischen Vorarbeiten sollten an dem Ziel orientiert werden, die Durchführung eines Großversuchs noch in diesem Jahrhundert zu ermöglichen. Sie sollten gleichzeitig so angelegt sein, daß ihre Ergebnisse den allgemeinen Anforderungen der Raumfahrt für die absehbaren Programme (einschließlich Raumstation) zugute kommen und damit die eingesetzten Mittel in jedem Fall, auch ohne einen späteren Energiesatelliten, gerechtfertigt sind.

### 3.6 Raumlaboratorien und Plattformen

#### 3.6.1 Überblick

Mit der europäischen Entwicklung des Weltraumlaboratoriums SPACELAB ist ein wesentlicher Schritt zur Beteiligung an der bemannten Raumfahrt bei dem Bau von Orbitalsystemen getan worden.

Der erfolgreiche Flug von SPACELAB (STS-9-Mission) hat das System in seinem Konzept voll bestätigt. SPACELAB steht jetzt für die Nutzung zur Verfügung und ist gleichzeitig die Basis für zukünftige Weiterentwicklungen. Außerdem bieten die dabei entwickelten Technologien gute Voraussetzungen für eine Vertiefung der Kooperation mit den USA, die sich bei der SPACELAB-Entwicklung im Rahmen des Shuttle-Programms bereits bewährt hat. Die SPACELAB-Technik bietet die Möglichkeit, künftige Orbitalsysteme wie Raumlaboratorien und andere Elemente einer Raumstation sehr effizient zu entwickeln. Das Projektkonzept COLUMBUS kann für die zukünftige Kooperation mit den USA beim Bau einer Raumstation als europäisches Element eingebracht werden.

Bezüglich frei fliegender Plattformen existiert bereits ein kleines System SPAS-01. Auf der Basis der SPAS-Struktur sowie einiger SPACELAB-Subsysteme wird eine europäische Plattform entwickelt, der European Retrievable Carrier (EURECA), der zusammen mit COLUMBUS ein Teil des Raumstations-Szenarios zu werden verspricht.

#### 3.6.2 Derzeitige Situation

Nachdem im Januar 1984 die Entscheidung für die Vorbereitung einer bemannten Raumstation der USA gefallen ist, muß die bereits seit Ende 1982 stattfindende Abstimmung zwischen BMFT, ESA und NASA inten-



siviert werden, um eine europäische Beteiligung mit einer führenden deutschen Rolle sicherzustellen. Das modulare SPACELAB-Konzept mit einer Weiterentwicklung für COLUMBUS sollte geeignet sein, die transatlantische Kooperation, insbesondere bei dem Bau der Raumstation, zu vertiefen. Ein entsprechendes "Memorandum of Understanding" wird erarbeitet und abgeschlossen werden. In diese Betrachtungen sind auch die unbemannten, wiederverwendbaren Plattformen einzubeziehen.

#### Bemannte Raumlaboratorien

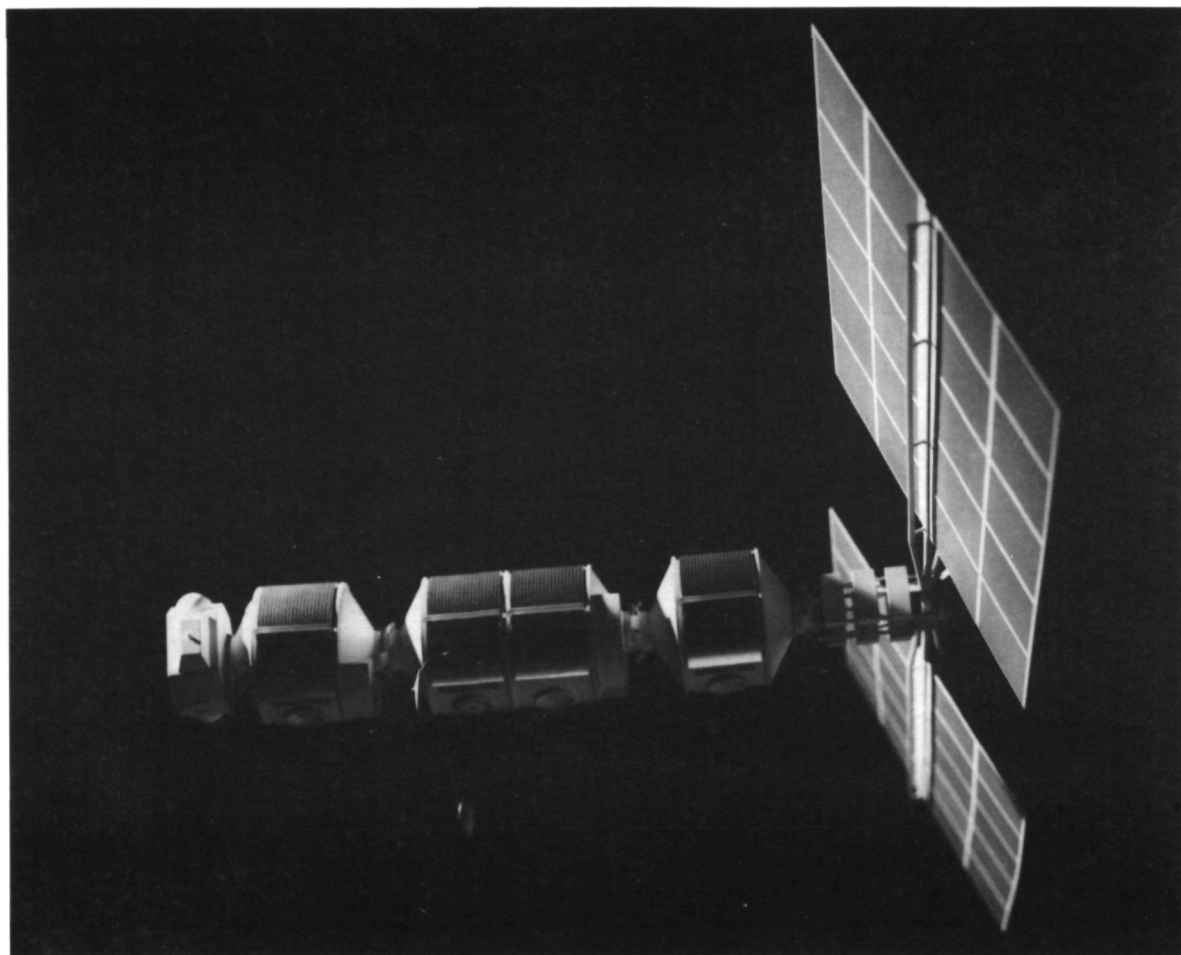
Zur Zeit unternimmt die ESA im Rahmen von Studien Anstrengungen, eine europäische Beteiligung an einer US-Raumstation zu untersuchen und eine geeignete Strategie zu entwickeln, um eine angemessene europäische Beteiligung sicherzustellen.

Ähnliche, zum Teil viel konkretere Studien unternimmt die Bundesrepublik derzeit zusammen mit Italien im Projekt COLUMBUS, wobei vorgesehen ist, dieses Projekt zu einem europäischen Vorhaben unter der ESA einzubringen, bei dem Deutschland die Federführung erhält.






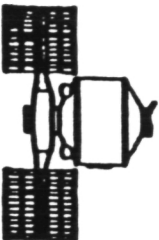

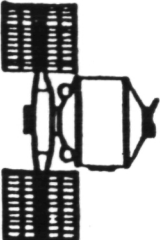


Das Projekt COLUMBUS besteht derzeit aus vier Elementen:

- \* ein bemanntes/bemannbares Labor (Payload Module)
- \* eine unbemannte Plattform
- \* ein Versorgungsmodul (Resource Module), das im wesentlichen das Payload Module versorgen soll, sofern dieses nicht an die Raumstation gekoppelt ist,
- \* ein Transportfahrzeug (Service Vehicle), das im Orbit Transportaufgaben übernimmt, Mannschaften befördern kann oder als Bugsierschiff für das Payload Module und das Resource Module dient.

Abbildung 3.6-1 zeigt eine Konfiguration, bei der drei der o.g. Elemente zusammengekoppelt sind zu einem freifliegenden System. Die Reihenfolge der zu entwickelnden Elemente und ihre jeweiligen operationellen Anwendungen zeigt Abb. 3.6-2.



**Abb. 3.6.-1 COLUMBUS Konfiguration**

	1993	1995	1997	1999
PRESSURIZED MODULE				
PLATFORM				
RESOURCE MODULE				
SERVICING VEHICLE				
	MISSION I	MISSION II	MISSION III	MISSION IV

Mission I: Start des "Payload Module" und Andocken an die US-Raumstation; danach Rückführung zum Boden

Mission II: Freifliegende Plattform mit Resource Module mit Demonstration eines "In-Orbit-Servicing"

Mission III: Ergänzung um ein Servicing Vehicle und Erprobung umfassender Techniken des Zusammenbaus großer Strukturen im Orbit

Mission IV: Integration aller Elemente zu einem europäischen Raumstationssegment

Abb. 3.6.-2: Das COLUMBUS-Szenario

### Unbemannte Plattformen

Zur Zeit hat die Bundesrepublik eine führende Rolle bei der Entwicklung und dem Betrieb von wiederverwendbaren frei fliegenden Plattformen. Diese Position muß weiter ausgebaut werden, um auch bei der zukünftigen Nutzung einen führenden Platz zu behaupten.

Neben der Verwendung als "Coorbiting"-Plattformen können freifliegende Plattformen in anderen Orbitalbahnen eingesetzt werden, für Erdbeobachtung, Kommunikations- und Navigationsaufgaben.

#### 3.6.3 Trend

Alle Szenarien bezüglich europäischer Raumlaboratorien und Plattformen sind zumindest während der Aufbauphase eng verknüpft mit dem STS-System und der Entwicklung einer permanent bemannten US-Raumstation. Europäische Entwicklungen auf diesem Gebiet sind nur sinnvoll, wenn entsprechende Vereinbarungen zwischen Europa und USA getroffen werden (MoU).

Langfristig besteht jedoch der Trend, weitgehend unabhängig von den USA zu werden. Das bedingt neben dem Ausbau von Raumstationselementen zu eigenständig operierenden Orbitalsystemen den Aufbau eigener Transportsysteme (Boden - Orbit und zurück), Navigations-Kontroll- und Kommunikations-Systeme, Bodenbetriebsanlagen. Deshalb haben die Entscheidungen bezüglich der zukünftigen Rolle Europas bei den Orbitalsystemen einen erheblichen Einfluß auf eine Reihe anderer Bereiche.

#### 3.6.4 Programmvorschlagn

##### Systeme

- Eine Erweiterung der Basis-Kapazität von SPACELAB im Hinblick auf die Anfang der 90er Jahre zur Verfügung stehende Raumstation.

- Beteiligung an bemannten Raumstationen auf Basis des Projektes COLUMBUS unter Einbindung unbemannter Plattformen.
- Erweiterung der europäischen Eigenständigkeit durch Entwicklung von "Resource Modul" und "Service Vehicle".

### Technologie

Im Zusammenhang mit dem Aufbau einer Raumstation, ihrer bemannten und unbemannten Elemente, müssen Technologien entwickelt werden zur Lösung folgender Aufgaben:

- Bahntransfer
- Andocken
- Austausch von Nutzlasteinheiten und Subsystemen im Orbit
- Telemanipulation
- Transfer von Mannschaften
- Rückführung zur Erde
- Energieversorgung

## 3.7 Transportsysteme

### 3.7.1 Überblick

Auf dem Gebiet der Trägersysteme hat Europa mit der Entwicklung der ARIANE-Rakete (bisher 19 % deutscher Anteil) eine eigene unabhängige Startkapazität geschaffen. Sie ist primär für geostationäre Nachrichtensatelliten gedacht und dafür auch gegenüber dem amerikanischen STS (SHUTTLE Transport System).

Es wird erwartet, daß in den 80er Jahren insgesamt 60 bis 80 Satelliten (einschließlich Satelliten für Länder der dritten Welt und internationaler Organisationen) gestartet werden.

Um die Nutzlastkapazität für den geostationären Transferorbit - GTO - von 1.800 kg auf 4.000 kg zu steigern, was dem Trend der Nachrichtensatelliten entspricht, wurde bereits eine Weiterentwicklung der ARIANE 1 zur ARIANE 4 eingeleitet.

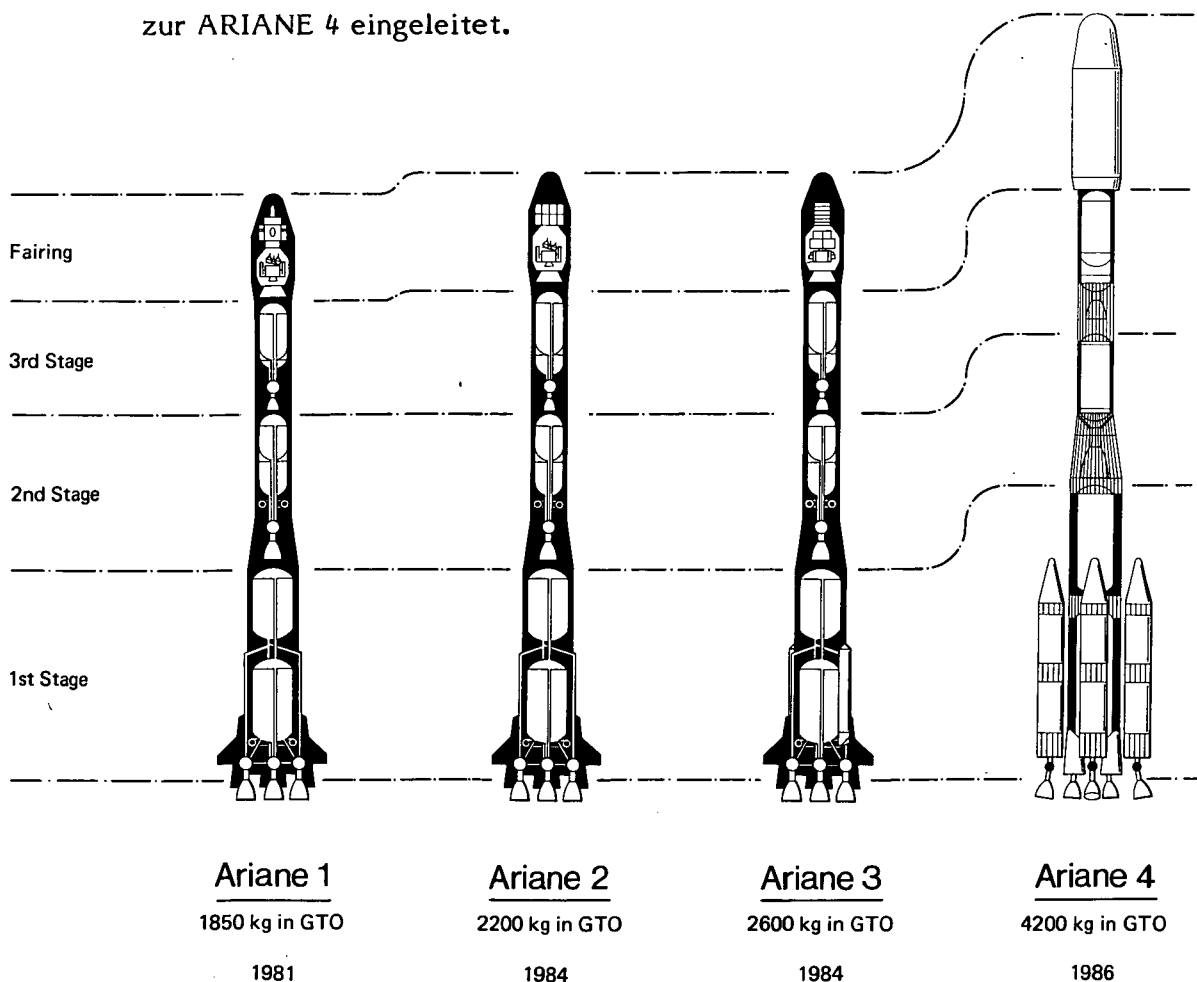


Abb. 3.7.-1: ARIANE Entwicklung

### 3.7.2 Derzeitige Situation

Nach nunmehr acht ARIANE-Starts (Stand April 1984) hat dieses Trägersystem seine Zuverlässigkeit bewiesen und ist jetzt eine ernste Konkurrenz zum Space Shuttle. Die Betreibergesellschaft Arianespace hat bereits bis Ende 1986 alle Flüge ausgebucht und darüber hinaus eine große Anzahl von Optionen vollzogen.

Damit ist ARIANE zur Zeit das einzige kommerzielle Trägersystem für den direkten Transport in den geostationären Transferorbit (GTO), das in der westlichen Welt existiert. Vergleichbare Träger werden aber in den USA auf den Markt kommen (Atlas-Centaur, Titan).

Das Space Shuttle ist als bemanntes System für den Transport in den erdnahen Orbit (LEO bis max. 1.100 km) ausgelegt. Für die geostationären Satelliten müssen zusätzliche Transferstufen eingesetzt werden, die bisher noch nicht sehr zuverlässig gearbeitet haben. Der Aufwand insgesamt ist verglichen mit Trägersystemen wie ARIANE sehr hoch, nicht zuletzt wegen der erheblichen Vorkehrungen, die ein bemanntes System mit sich bringt. Nur durch einen politischen Preis konnte der Space Shuttle für den Satelliten-Markt interessant gehalten werden. Im Vergleich zum Space Shuttle bietet ARIANE weitere Vorteile durch die Optimierung für den direkten Transport von geostationären Satelliten in GTO, wobei durch die kryogene Oberstufe eine sehr genaue Plazierung ermöglicht wird, den günstigen Startplatz nahe am Äquator und die schnelle Verfügbarkeit mit geringem Vorbereitungsaufwand für den Start (unbemanntes System ohne hohe Sicherheitsanforderungen).

### 3.7.3 Trend

Bezogen auf zukünftige Nutzlasten, Konkurrenz (STS) und zu erwartende neue Anwendungen und damit neue Anforderungen an die Trägersysteme ergibt sich:

- Wesentlichste Nutzlast werden für die nächsten Jahre Kommunikations-Satelliten bleiben. Der Entwicklungstrend bezüglich Masse und Volumen zielt auf Satelliten mit 3-4 t Gewicht und Durchmessern = 4 m, die in den geostationären Orbit gebracht werden müssen.
- Zukünftig ist mit Satelliten-Plattformen zu rechnen, an die die Nutzlasten andockt und gegebenenfalls auch wieder zum Austausch mit neuen Nutzlasten abgekoppelt werden können.
- Für den Fall einer ständig bemannten Raumstation, welche die USA ab Anfang der 90er Jahre in Betrieb nehmen wollen, ist mit "In Orbit Satellite Services" zu rechnen, um Satelliten zu reparieren, zu modifizieren und zu betreuen. Dazu werden dann neue orbitale Transportfahrzeuge benötigt (OTV), deren Entwicklung die USA bereits jetzt vorantreiben, um schon bald Nachrichtensatelliten kostengünstiger als bisher mit dem Space Shuttle und einer kryogenen Oberstufe (wie dem OTV oder einer modifizierten Centaur) in den geostationären Orbit zu befördern. Später kann dieser Transport dann über die Raumstation noch effektiver durchgeführt werden, nicht zuletzt durch die Möglichkeit, den Satelliten vor seinem weiteren Transport noch einmal zu testen oder auch bei großen Satellitenstrukturen die Endmontage auf der Raumstation durchzuführen. Damit könnten z.B. komplizierte Entfalt-Mechanismen entfallen, die notwendig wären, wenn man den Satelliten als ganzes Gebilde direkt in den endgültigen Orbit bringen wollte.
- Mit der Zunahme der bemannten Raumfahrt und ihrer umfangreichen orbitalen Infrastruktur wächst auch der Transportbedarf in den erdnahen Orbit (LEO). Insbesondere die Entwicklung der kommerziellen Nutzung der Raumstation und Plattformen für die Anwendung der Mikrogravitation läßt erwarten, daß die Transportkapazität zwischen Boden und LEO incl. der Rückführung von Mensch und Material mit den derzeit vorhandenen Systemen nicht abgedeckt werden kann.



- Die politische Entwicklung in Europa auf dem Raumfahrtsektor geht mehr und mehr in die Richtung, unabhängig von US-Systemen und -Dienstleistungen zu sein, ein Aspekt, der besonders für die kommerzielle Nutzung große Bedeutung hat. Dieser Trend führt auch zu der Überlegung, europäische bemannte Transporter zu entwickeln (FLS, HERMES) sowie rückführbare Systeme (reentry vehicles) zu bauen.

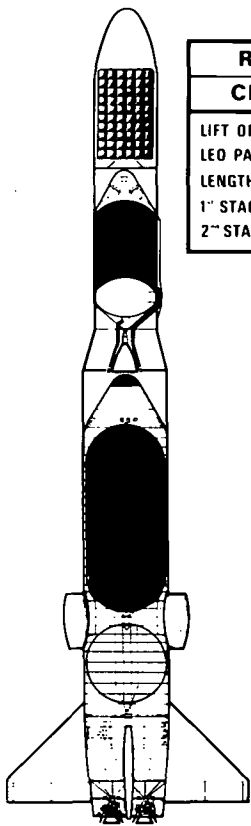
#### 3.7.4 Programmvorschlag

Die Entwicklung von europäischen Trägersystemen ist im wesentlichen eine Aufgabe der ESA; trotzdem ist eine vorbereitende und unterstützende Tätigkeit im nationalen Raum notwendig, wenn die Bundesrepublik eine maßgebliche Rolle bei der Systemdefinition und Entwicklung spielen will.

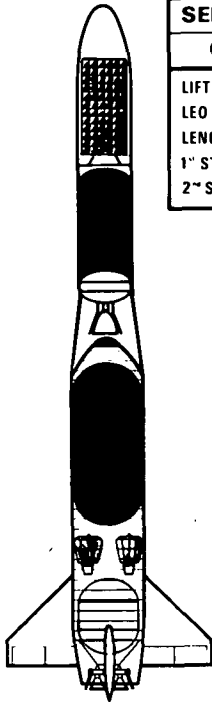
Eine solche mitbestimmende und verantwortliche Rolle wird dringend für die nächste Generation von Trägersystemen empfohlen, nachdem im ARIANE-Programm die Bundesrepublik Deutschland nur eine sekundäre Rolle spielt. Zukünftig sollte hierbei eine höhere Beteiligung angestrebt werden.

#### Systeme

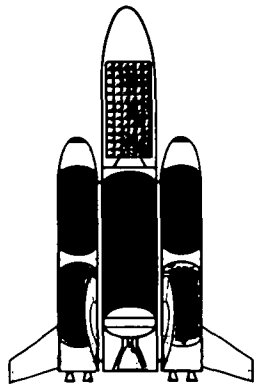
- Entwicklung eines leistungsfähigeren und kostengünstigeren Trägersystems mit der Zielsetzung, 10 - 15 t Nutzlast im niedrigen Orbit und 4 bis 5 t im geostationären Orbit für die 90er Jahre für Europa anzustreben. (Mit Hinblick auf den europäischen Teil einer bemannten Raumstation ist an die Entwicklung wiederverwendbarer Transporter bis hin zu bemannten Systemen zu denken (siehe Abb. 3.7.-2).



REUSABLE CRYOGENIC	
LIFT OFF MASS (T) :	470
LEO PAYLOAD (T) :	15.8
LENGTH (m) :	78
1 <sup>st</sup> STAGE :	H 283
2 <sup>nd</sup> STAGE :	H 85



SEMI-REUSABLE CRYOGENIC	
LIFT OFF MASS (T) :	302
LEO PAYLOAD (T) :	14.6
LENGTH (m) :	63
1 <sup>st</sup> STAGE :	H 170
2 <sup>nd</sup> STAGE :	H 65



SEMI-REUSABLE CRYO/STORABLE	
LIFT OFF MASS (T) :	460
LEO PAYLOAD (T) :	15
LENGTH (m) :	34
1 <sup>st</sup> STAGE :	2-L145
2 <sup>nd</sup> STAGE :	H 85

Abb. 3.7.-2: Future Launcher System - FLS -

- Entwicklung eines neuen  $H_2/O_2$ -Triebwerks (HM 60) mit 60 - 80 t Schub, für dessen Entwicklungsanlauf 1982 - 1984 die französische Regierung bereits Mittel genehmigt hat. (Um eine deutsche Beteiligung wie beim Triebwerk der 3. Stufe von ARIANE 1 sicherzustellen, wird empfohlen, entsprechende ergänzende Arbeiten in der Bundesrepublik durchzuführen, um die Beteiligung an der eigentlichen Triebwerksentwicklung zu sichern.)

### Technologie

- ein größeres Triebwerk mit 60 - 80 t Schub ( $H_2/O_2$ )
- Bau größerer Kryogen-Tanks und deren Isolierung
- Thermalschutzsysteme
- Wiedereintritt und automatische Landung
- kleinere Antriebssysteme wie Kickstufen, Orbitalantriebe oder integrierte Antriebssysteme (MMH/MON) in der 5kN Schubklasse
- elektrische Triebwerke

### 3.8 Versuchsanlagen und Bodenbetriebseinrichtungen

#### 3.8.1 Überblick

Zur Vorbereitung und zum Betrieb aller sich im Orbit befindlichen Satelliten/Geräte sind im wesentlichen folgende Einrichtungen erforderlich

- Missionskontrollzentrum
- Nutzlastkontrollzentrum
- Test- und Simulationsanlagen.

Die wichtigsten Aufgaben dieser Einrichtungen sind nachfolgend aufgeführt.

##### Missionskontrollzentrum

- Datenempfang, Qualitäts- und Vollständigkeitsüberprüfung von gelieferten Daten
- Systemkontrolle durch Datenverarbeitung und Kommandogenerierung
- Astronautenbetreuung durch kontinuierliche Sprechverbindungen
- Bahn-/Lagemanöver einschließlich Rendezvous und Docking bzw. Wiedereintritt
- Datenspeicherung
- Missionsplanung
- Kontrolle und Betrieb des Bodenübertragungssystems
- Einsatz der Bodenressourcen (Scheduling).

##### Nutzlastkontrollzentrum

- Nutzlastkontrolle und Kommandosequenz-Erzeugung
- Betreuung der Nutzlast-Astronauten
- Akkommodierung von Experimentatoren und Spezialgeräten

- Nutzlastdatenverarbeitung in Echt- und fast Echtzeit
- Zeitablaufplanung aller Nutzlastaktivitäten
- Datenvorverarbeitung, Speicherung, Verteilung entsprechend den verschiedenen Nutzerdisziplinen und -anforderungen.

#### Test- und Simulationsanlagen

- Integration, Test und Simulation von Geräten, die in Raumfahrzeugen eingesetzt werden
- Verifizierung von Spezifikationen unter Raumfahrtbedingungen, um die spätere Mission mit hoher Zuverlässigkeit sicherzustellen
- Schnittstellenverifikation
- Gesamtsystemverifikation
- Vorbereitung und Transport zum Startplatz

### 3.8.2 Derzeitige Situation

#### Kontrollzentren

Europäische interplanetare Missionen wurden bisher vor allem mit dem Einsatz des amerikanischen "Deep-Space-Network" durchgeführt. Einzige europäische Station ist die für Helios aufgebaute Station der DFVLR in Weilheim mit einer 30 m Antenne. Für künftige europäische interplanetare Missionen sollte ein eigenständiges europäisches Stationsnetz aufgebaut werden mit einer zusätzlichen Station in der Süd-Hemisphäre (z.B. Carnarvon (ESA) in Australien).

Für Missionen auf hochelliptischen Bahnen werden fest zugeordnete Bodenstationen eingesetzt (Beispiele: Exosat/Villafranca; Ampte/Weilheim); ein Ausbau dieses Stationstypes scheint zur Zeit nicht dringlich.

Missionen, deren Datenübertragungskonzept auf Speicherung der Meßdaten während mehrerer Orbits und komprimierte Übertragung bzw. direkte Übertragung hoher Datenraten während kurzer und regelmäßiger

Kontakte mit Bodenstationen beruht, werden ebenfalls mit fest zugeteilten Anlagen betrieben (Beispiele: Rosat/Weilheim, ERS-1/Kiruna und Eureka (Carnarvon)).

Für den Betrieb von geostationären Satelliten in der Transferbahn ist ein Ausbau des existierenden Stationsnetzes erforderlich, da ab ca. 1990 diese Satelliten ab Start über Ku-Band Frequenzen betrieben werden. Der Ausbau dieses Bodenstationsnetzes umfaßt 3-4 neue Bodenstationen mit einer europäischen Zentralstation und jeweils einer Station in Kourou, in Australien und in Afrika in Ergänzung zum existierenden Stationsnetz, das im S-Band arbeitet. (Kourou, Pretoria, Malindi, Carnarvon, Weilheim, Toulouse/Villafranca).

Der operationelle Betrieb geostationärer Missionen wird hier nicht betrachtet, da die eingesetzten Bodenanlagen von den Nutzerorganisationen bereitgestellt und betrieben werden.

Die Benutzung des amerikanischen Relais-Satelliten TDRSS bzw. seines Nachfolgesystems TDAS ist für folgende vom Shuttle getragene Missionen möglich und sinnvoll:

- Spacelab-Missionen (FSLP, D1, D2, ...).
- Wiederverwendbare, unbemannte Plattformen (SPAS, Eureka, ROBUS) in Shuttle-Bahnen.
- Bemannte Module, die an die amerikanische Raumstation angedockt sind.

Die Benutzung des TDRSS in der jetzigen Konfiguration macht die Verfügbarkeit von Datenmengen zwischen 56 Kb/s (S/L) bis zu 300 Mb/s via Intelsat im Prinzip auch in Europa im Echtzeitbetrieb möglich. Die Zu- und Abführung der Daten bei sehr hohen Datenraten zum und vom Intelsatsystem muß vom Benutzer bereitgestellt werden (Entwicklungskosten).

Die technisch sinnvollere Alternative hierzu wäre die Ausstattung des zukünftigen TDAS-Systems mit einer auf Europa ausgerichteten Antenne. Diese technische Möglichkeit kann relativ kostengünstig realisiert werden und müßte mit NASA ausgehandelt werden.

Ein europäischer Datenrelais-Satellit bietet für Europa sowohl die vielseitigsten Anwendungsmöglichkeiten als auch politische Unabhängigkeit.

Ein solches System kann alle vorher beschriebenen Dienste mit Ausnahme derjenigen für interplanetare und hochelliptische Missionen übernehmen. Es bietet höhere technische Zuverlässigkeit, höhere Sichtbarkeiten für Missionen, höhere Datenübertragungsmöglichkeiten als über weltweit verteilte Bodenstationen, sowie uneingeschränkte Nutzungsmöglichkeiten und damit politische Eigenständigkeit.

Grundsätzlich würde ein DRS-Satellit für die Datenübertragung bei allen unbemannten Unternehmungen ausreichen. Bei bemannten Aktivitäten sind jedoch mindestens 2 DRS-Systeme im Orbit zu planen.

#### Test- und Simulationsanlagen

Integrations- und Testanlagen in Europa existieren in ausreichendem Maße und werden durch geeignete Modifikationen laufend dem neuesten Stand der Entwicklungen angepaßt. Die wesentlichsten Anlagen sind

- Integrationsanlagen mit kontrolliertem "Environment", Laufkränen, elektr. Testgeräten, Versorgungs- und Lagereinrichtungen.
- Mechanische Hilfseinrichtungen zur Unterstützung von Integration und Transport.
- Tankanlagen für Flüssigkeiten, Gase und Treibstoffe.
- Einrichtungen für Lecktests an druckbeaufschlagten Modulen oder Flüssigkeits-, Gas- oder Treibstoffleitungen.
- Elektrische Hilfseinrichtungen wie Testgeräte für Subsysteme, Nutzlasten, System-Checkout-Anlagen und Schnittstellen-Simulatoren.

- Transporteinrichtungen für die Flughardware wie Transportcontainer, evtl. mit Schutzgasatmosphäre, Tieflader und geeignete Flugzeuge oder Schiffe.
- Transportbehälter für das am Startplatz erforderliche Bodengerät.
- Werkstätten für Wartung.
- Spezielle Einrichtungen am Startplatz.
- Host Computer bzw. Simulatoren für Software-Entwicklung und Verifikation.
- Simulatoren für Crewtraining, Entwicklung und Verifikation von Flugprozeduren sowie Missions-Simulationen (Fehlersimulationen, Service- und Reparatur-Aktivitäten usw.) und Post Mission-Simulationen.
- Logistic Systeme.

### 3.8.3 Trend

Auf dem Gebiet der Versuchsanlagen und Bodenbetriebseinrichtungen geht der Entwicklungstrend seit Jahren in Richtung eines gemäßigten Ausbaus der vorhandenen Einrichtungen und der Ergänzung durch preiswerte Systeme.

Als einzig neue auffällige Aktion kommt ein europäisches Datenrelais-satellitensystem in die Diskussion, das aus Kostengründen eine notwendige Ergänzung des europäischen Bodenstationsnetzes für die Benutzung des amerikanischen SHUTTLE-Systems darstellt. Dabei ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- 1-Satelliten DRS System zum Betrieb von permanent polaren Plattformen (von denen angenommen wird, daß sie im wesentlichen zur Erdbeobachtung dienen: d.h. hohe Datenraten), zum Betrieb von permanent coorbital (28,5°-Orbit) Plattformen und zur Steuerung europäischer orbitaler Oberstufen.
- 2-Satelliten DRS System zum Betrieb einer freifliegenden europäischen, bemannten Raumstation, zur Steuerung und Überwachung



von AR-5 Zirkularisierungsphasen für polare und 28,5° Orbit Einschüsse sowie zur Steuerung und Überwachung von bemannten ballistischen (Apollo-Typ) oder aerodynamischen (HERMES) Rückkehrsystemen.

Wegen notwendiger Übergangsphasen von shuttletransportierten, europäischen Systemen zu späteren europäisch autonomen Systemen sollte DRS mit TDRSS bzw. TDAS kompatibel sein.

#### 3.8.4 Programmvorschlag

##### Systeme

- Entwicklung eines Datenrelaissatellitensystems
- Ausbau des vorhandenen Bodenstationssystems

##### Technologie

- 60 GHz Technologie

### 3.9 Bodenstationen

Das Kapitel Bodenstationen umfaßt den Bereich der Stationen für Telekommunikation und TV als auch für Erderkundung und Meteorologie.

In allen Bereichen werden Sende/Empfangsanlagen ebenso wie reine Empfangsstationen verwendet.

Im nachfolgenden sind die einzelnen Kapitel unterteilt in Bodenstationen für Kommunikation und Bodenstationen für Erderkundung und Meteorologie.

#### 3.9.1 Überblick

Bodenstationen für Kommunikation

Die z.Z. in Satellitensystemen eingesetzten Bodenstationen können entsprechend ihren Betreiberorganisationen in folgende Kategorien eingeteilt werden:

Intelsat-Stationen:

- Standard A Typ 6/4 GHz 32 m Durchmesser mit Telefon-, TV- und Datenübertragungsdiensten (bis 9.6 kb/s)
- Standard B Typ 6/4 GHz 11 - 13 m Durchmesser mit Telefon-, TV (fast ausschl. Receive-only)- und Datenübertragungsdiensten (bis 56 kb/s)
- Standard C Typ 14/11 GHz 17-20 m Durchmesser mit Telefon-, TV- und Datenübertragungsdiensten (bis 9.6 kb/s).

Eutelsat-Stationen

Einheitlicher Typ 14/11 GHz 17 - 20 m Durchmesser mit Telefon-, TV- und Datenübertragungsdiensten (2.048 kb/s).

#### Arabsat-Stationen

Einheitlicher Typ 6/4 GHz 11 - 13 m Durchmesser mit Telefon-, TV (meistens Receive-only)- und Datenübertragungsdiensten (bis 9.6 kb/s)

#### Domestic Intelsat-Stationen

Unterschiedliche Typen bei 6/4 GHz je nach Bedarf mit Antennendurchmesser von 4,5 bis 13 m mit Telefon-, TV (Receive-only)- und Datenübertragungsdiensten.

#### Einfache Stationen

Unterschiedliche Typen bei 6/4 GHz je nach Anforderung 4 - 9 m Durchmesser ausschließlich zur Übertragung von Telefondiensten eingesetzt.

#### DBS-Stationen

Zum Community-Empfang von TV-Programmen bei 2 GHz sowie 4 GHz, Antennendurchmesser 1,5 - 2 m.

#### TVRO-Stationen

Bei 4 GHz mit Antennendurchmessern von 9 - 13 m zum Empfang von TV-Programmen.

#### Inmarsat-Land-Stationen

Im Frequenzbereich 6/4 GHz und 1,7/1,5 GHz und Antennen mit 13 m Durchmesser zur Übertragung von Telefon- und Datendiensten (bis 9,6 kb/s).

#### Inmarsat-Schiffsstationen

Im Frequenzbereich 1,7/1,5 GHz mit Antennen von 2 - 3 m Durchmesser zur Übertragung von Telefon- und Datendiensten (bis 9,6 kb/s).

#### Stationen für neue Dienste

Im Frequenzbereich 14/11 GHz und 14/12 GHz (Reg. 2) mit Antennen von 3,6 - 6 m Durchmesser zur Übertragung von Telefon-, Datendiensten (bis 2.048 kb/s) sowie neuen Diensten wie Tele- und Videoconferencing, digitale TV-Übertragung, Daten hoher Bitraten.

#### Bodenstationen für Erderkundung und Meteorologie

##### Den Teilgebieten der Erdbeobachtung

- Physik der Atmosphäre
- Physik der Ozeane und des Polareises
- Landbeobachtung
- Physik der festen Erde

lassen sich zum heutigen Zeitpunkt im wesentlichen folgende Nutzersysteme zuordnen:

Stationen für den Empfang und die Datenverarbeitung von hochauflösenden Bildern der Erderkundungssatelliten LANDSAT, SPOT, ERS-1.

Mittels optischer und Mikrowellensensoren können sowohl Landmassen als auch Ozeane mit einer Auflösung bis zu 10 Metern multispektral abgebildet werden.

Stationen für den Empfang und die Datenverarbeitung von hochauflösten Bildern der meteorologischen Satelliten NOAA, GOES, GMS und METEOSAT.

Optische und passive Mikrowellen-Sensoren bilden Landmassen und Ozeane multispektral mit einer Auflösung bis zu 1 km und die Atmosphäre (dreidimensional) mit einer Auflösung bis zu 20 km ab.

Stationen für den Empfang und die Wiedergabe mäßig aufgelöster Bilder der meteorologischen Satelliten NOAA, GOES und METEOSAT.

Land, Wasser und Wolkendeckung werden mit einer Auflösung von etwa 3 km in zwei Spektralbereichen wiedergegeben.

Abgesetzte kleine Stationen zum Sammeln von meteorologischen Umweltdaten und deren Übertragung via Satelliten-Relais zu zentralen Auswertungs-Systemen.

Stationen für Geodäsieanwendungen im Zusammenhang mit den Satelliten ERS-1 (PRARE) und POPSAT.

Hochgenaue Entfernungsmessungen über kontinentale und interkontinentale Strecken sowie hochgenaue Vermessung der Satellitenbahn.

### 3.9.2 Derzeitige Situation

Bodenstationen für Kommunikation

Die nationalen Firmen, die sich mit der Konzipierung, dem Bau und der Lieferung von Bodenstationen befassen, haben in der Vergangenheit keine

nationalen Förderungen erhalten, was dazu führte, daß die deutsche Industrie auf dem internationalen Markt immer zu teuer war. Die Dominanz der japanischen Firmen ist hier offenkundig.

Allgemein kann gesagt werden, daß für die bundesrepublikanischen Firmen nur der nationale Markt derzeit zugänglich ist. In Einzelfällen kann als "Lückenfüller" eine Station ins Ausland verkauft werden. Der noch existierende Heimvorteil für die Lieferung aller von der Deutschen Bundespost benötigten Bodenstationen wird allerdings bereits durch die Intention der Deutschen Bundespost, im inländischen Markt ausländische Anbieter zuzulassen, infrage gestellt.

#### Bodenstationen für Erderkundung und Meteorologie

Bodenstationen für Erderkundung und Meteorologie werden weltweit eingesetzt, wobei die Stückzahl stark vom Typ abhängt: komplexe Systeme schränken durch ihren hohen Preis den Kreis der Anwender auf Forschungs-Institute und nationale Behörden ein. Einfachere Stationen hingegen lassen sich weiter streuen, z.B. bei Wetterämtern, Hochschulen, Flughäfen, Schifffahrtsbehörden, Landwirtschaftszentren, Fernsehanstalten und geodätischen Forschungsinstituten. Erste Untersuchungen haben einen Gesamtbedarf von ca. 200 Stück ergeben.

Marktführer auf dem Gebiet der Bodenstationen sind nach wie vor USA und Kanada. Anders als in Frankreich, Großbritannien und Japan, wo entsprechende Entwicklungsarbeiten durch nationale Programme großzügig gefördert werden, ist die deutsche Industrie auf Eigenmittel angewiesen. Naturgemäß schwächt der nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten ermittelte Preis die Wettbewerbsposition der deutschen Industrie erheblich, so daß gerade im internationalen Geschäft (Entwicklungsländer, Fast-Industrieländer) die Erfolge geringer bleiben.

3.9.3

Trends

Bodenstationen für Kommunikation

Die Konzeption neuer Bodenstationstypen hängt stark von den geforderten Diensten und den Übertragungseigenschaften des Satelliten selbst ab.

Die Einführung neuer Dienste wie Datenübertragung mit größeren Bitraten, Teleconferencing, schnelle Faksimile-Übertragung setzen bei der Vermarktung und Konzipierung von Bodenstationen neue Aspekte.

Um auf diesem Gebiet konkurrenzfähig zu bleiben und international einen gewissen Marktanteil zu erreichen, ist es unbedingt erforderlich, auch für die Bodenstationstechnologien Förderung zu erhalten.

Bodenstationen für Erderkundung und Meteorologie

Es zeichnet sich klar ab, daß die zukünftigen Stationen sowohl in Bezug auf neue Technologien als auch im Hinblick auf Verarbeitungs-Prozeduren und -kapazität Wandlungen erfahren werden, um aus der Fülle der aus dem Weltraum gesendeten Daten verlässliche Informationen für das ständig wachsende Spektrum an Anwendungsgebieten (Wettervorhersage, Klimaforschung, Landwirtschaft, Geologie, Oceanographie, Fischerei, Transportwesen, Hydrologie, Lagerstätten-Prospektion, Umweltschutz, Kartographie etc.) zu gewinnen.

3.9.4 Programmvorschläge

Bodenstationen für Kommunikation

Systeme

Die Auslegung von Bodenstationen erfolgt im Rahmen von Satelliten-System-Studien, so daß davon ausgegangen werden kann, daß die Definition von Gesamtstationen dort erfolgt.

### Technologie

- Antennensysteme
- Feedsysteme
- FET-Verstärker
- Leistungsverstärker für 30 GHz und Kompensationsnetzwerke
- Einführung digitaler Übertragungsmethoden unter Anwendung von TDMA, DSI, SCPS etc. und neuen Modulationstechniken.

Bodenstationen für Erderkundung und Meteorologie

### Systeme

Transportable Multi-Satelliten Station

Es ist eine modular konzipierte Station zu entwerfen, die nicht nur in der Lage ist, sequentiell unterschiedliche Satelliten wie METEOSAT, NOAA, LANDSAT, SPOT und ERS-1 zu empfangen und deren Daten mit Hilfe der geschilderten neuen Technologien und Prozeduren zu verarbeiten. Sie soll auch so ausgelegt sein, daß sie im Bedarfsfall leicht zerlegt und transportiert werden kann, neue Daten auch in Regionen fernab von technisierter Infrastruktur (z.B. Antarktis) zu sammeln, oder nur in Entwicklungsländern zur Demonstration und zur Ausbildung einheimischen Personals zu dienen. Akronym: TRAFES (transportable Fernerkundungs-Station).

### Technologie

- SAR Prozessor Technologie
- 



## **KAPITEL 4**

### **Schlußfolgerungen und Empfehlungen**

#### 4. Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Das vorliegende empfohlene Raumfahrtprogramm der Bundesrepublik Deutschland sieht die Verfolgung einer europäischen Linie und einer relativen Unabhängigkeit von den USA vor, wobei aus einer starken deutsch-französischen Achse heraus weitere Partnerschaften mit führenden europäischen Nationen (Italien, England) einzugehen sind.

Der BDLI hat sich bemüht, ein ausgewogenes Programm vorzustellen, das den sachlichen und politischen Zielen Rechnung trägt. Um nicht "ins zweite Glied" zurückzufallen, sind die Programmvorschläge auf der Basis der beschlossenen bzw. vorgesehenen Projekte diesen Zielen angepaßt, was konsequenterweise in erheblichen Budgetsteigerungen deutlich zum Ausdruck kommen muß.

Nachdem in den letzten 10 Jahren die technologische Leistungsfähigkeit Europas in der Raumfahrt demonstriert wurde - SPACELAB, ARIANE und Satellitenentwicklungen sind erfolgreich als europäische Gemeinschaftsaufgaben abgeschlossen worden - gilt es nun, die Raumfahrtentwicklungen in Europa in den nächsten Dekaden bis zum Jahr 2000 verstärkt der breiten kommerziellen Nutzung zuzuführen und gleichzeitig die Innovationskraft in gesamtwirtschaftlicher Hinsicht auszuschöpfen.

Das Verhältnis zwischen Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland als den wirtschaftlich stärksten europäischen Ländern ist hierbei von besonderer Bedeutung gewesen, sind doch auf allen Gebieten gemeinsame herausragende Erfolge erzielt worden. Dem deutsch-französischen Verhältnis wird auch in Zukunft ein ähnlicher Wert zukommen. Allerdings hat gerade Frankreich in den letzten Jahren - getrieben von zukunftsorientierten Projekten - seine finanziellen Aufwendungen erheblich erhöht und hat im Vergleich zur Bundesrepublik Deutschland einen wesentlichen Vorsprung.

Der Programmvorschlag basiert zur Verfolgung der gesetzten Ziele auf

folgenden wichtigsten Empfehlungen:

- Einnehmen und Wahrung einer Führungsrolle in der bemannten Raumfahrt und bei wartbaren freifliegenden Systemen in enger Kooperation mit den USA. Für diese Kooperation sollen auf der Basis einer Fähigkeit zur europäischen Autonomie und auf der Basis der demonstrierten Leistungsfähigkeit faire Konditionen ausgehandelt werden.

Die Beteiligung am größten Raumfahrtprojekt der westlichen Welt in den nächsten 10 Jahren sollte unter Führung der Bundesrepublik Deutschland als europäische Gemeinschaftsaufgabe mit einer starken Partnerschaft mit Italien und Frankreich durchgeführt werden, wobei eine gewisse Programmvietfalt mit bemannten Labors, Plattformen, Versorgungsmodulen und Service Fahrzeugen jederzeit rein europäische Lösung zuläßt.

- Ausbau der ARIANE-Trägerfamilie zur langfristigen Erhaltung einer europäischen Konkurrenzfähigkeit und zur Schaffung einer europäischen Unabhängigkeit. Die deutsche Beteiligung an Nachfolgesystemen sollte verstärkt werden, um neben der transatlantischen Kooperation eine stärkere Verzahnung innerhalb Europas zu erreichen und gleichzeitig die deutsche Wirtschaft langfristig stärker am kommerziellen Einsatz in europäischen Produkten zu beteiligen.
- Im Gesamtrahmen europäischer Ziele sollte gemeinsam mit Raumstation und Datenrelais-Satelliten mittelfristig auch ein eigenes bemanntes Raumfahrzeug entwickelt werden.
- Stärkung der technologischen Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie im Bereich der Kommunikationssatelliten, deren wirtschaftliche Bedeutung für öffentliche Dienstleistungen im Nichtraumfahrtbereich mittlerweile größer ist als für die Raumfahrt selbst.

Dabei muß zunächst der eigene Bedarf abzudecken sein, um nicht in Abhängigkeit und Preisdiktaten von immer stärker in den Vordergrund

rückenden amerikanischen Firmen zu geraten, die für den Heimmarkt ganze Serien von Satelliten bauen und mit deren Derivaten dann auch den freien Weltmarkt dominieren. Die Erhaltung der technologischen Leistungsfähigkeit bietet gleichzeitig die Möglichkeit, durch technologischen Vorsprung in Marktnischen auch auf dem Weltmarkt erfolgreich zu sein.

- Gleichzeitig sollte ein ausgewogenes Nutzungsprogramm betrieben werden. Dieses ist einerseits Garant für signifikante deutsche Beiträge zur allgemeinen Wissenschaft, andererseits Basis für die spätere kommerzielle Nutzung von Disziplinen wie Schwerelosigkeit und Erderkundung, die heute bestenfalls am Beginn ihrer Entwicklung stehen bzw. deren wirtschaftliche Leistungen nicht unmittelbar quantifizierbar sind (wie es im übrigen bei den Nachrichtensatelliten am Beginn der 60er Jahre ebenso der Fall war).
- Innerhalb Deutschlands sollen die raumfahrtorientierten Programmaktivitäten in verschiedenen Ministerien weiterhin harmonisiert und in einem effizienten gemeinsamen Programm fortgeführt werden.
- Innerhalb Europas ist eine schlagkräftige Weltraumbehörde EWO (ESA) erforderlich, in der die gemeinsamen Ziele der Länder programmatisch implementiert werden. Der BDLI schlägt daher vor, auf Regierungsebene ein Programm für die nächsten 10 - 15 Jahre zu verabschieden und dabei die vorgestellten Programmelemente gemeinsam bzw. nach Prioritäten voranzutreiben. Dazu ist in jedem Fall eine signifikante Budgetsteigerung erforderlich.

Diese und die Problematik der anstehenden Programmentscheidungen werden am deutlichsten sichtbar, wenn die aktuellen Kostenschätzungen für die ARIANE- und die Raumstations-Entwicklung über dem geplanten Entwicklungszeitraum aufgetragen werden (vergl. Abb. 4-1).

Auch wenn die finanzielle Spitzenbelastung im Jahre 1990 für Deutschland nicht ganz so drastisch ausfällt (abhängig vom Grad der Beteiligung an

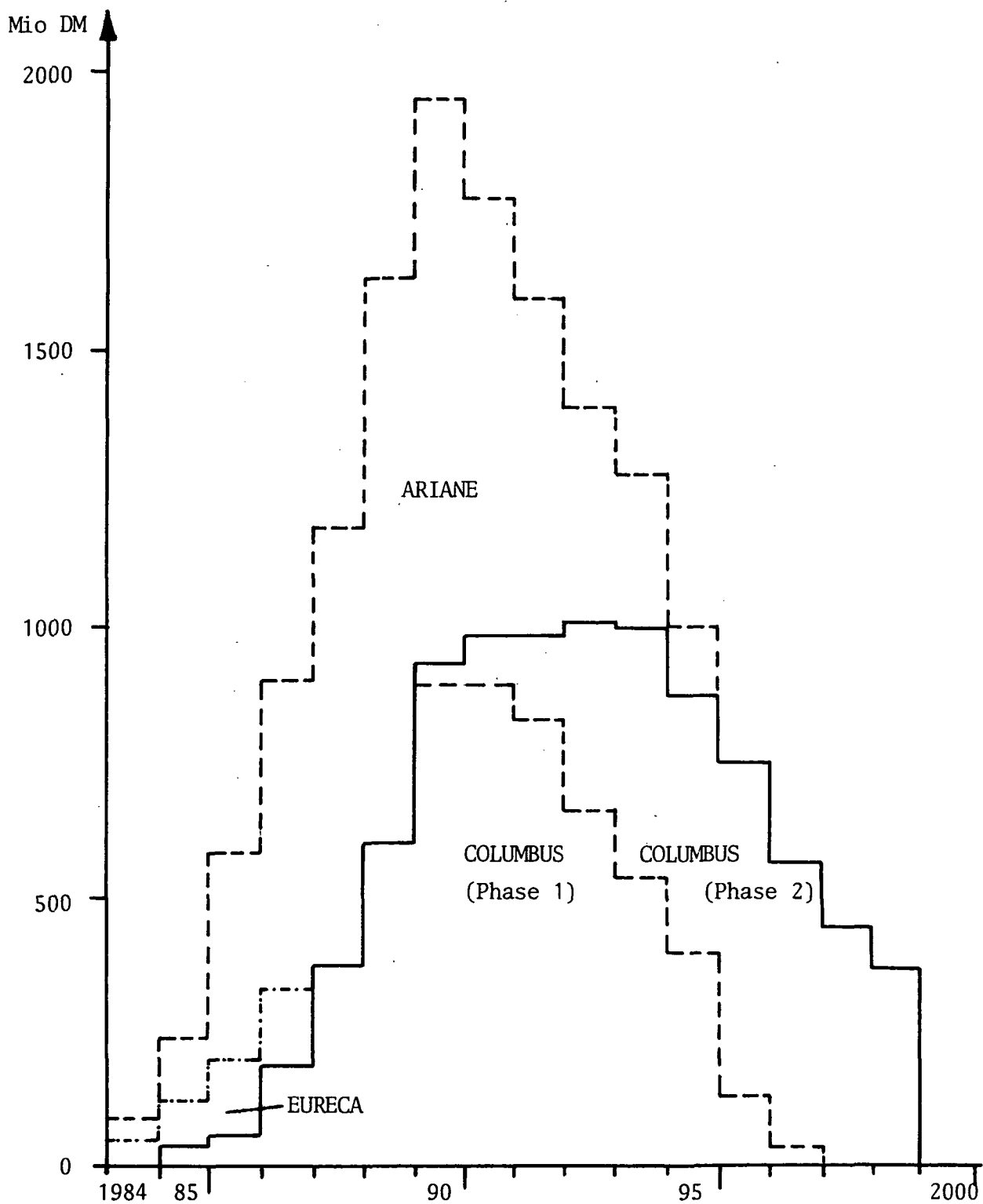


Abb. 4-1 : Aktuelle Gesamtkosten - und Zeitplanung  
für ARIANE-Ausbau und Raumstation

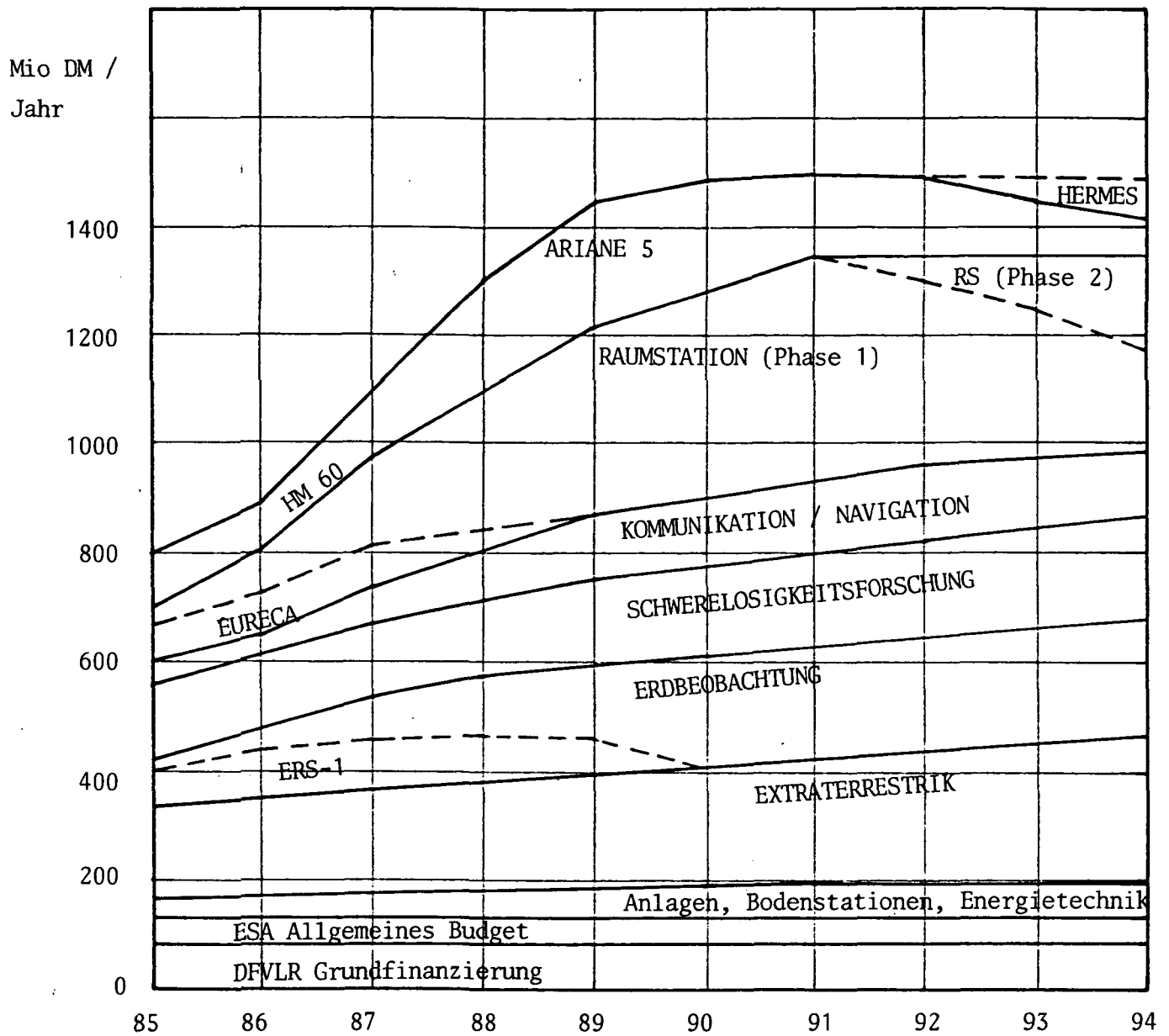


Abb. 4-2 : BDLI-Vorschlag für das Raumfahrtprogramm  
der Bundesrepublik Deutschland

ARIANE), ist aus Abb. 4-1 erkennbar, daß eine Budgetspitze nur vermeidbar ist, wenn eine terminliche Entzerrung der beiden Elemente Raumstation und ARIANE vorgenommen wird. Den optimalen Effekt würde eine einschneidende Verschiebung eines der beiden Elemente um mehrere Jahre bewirken, wofür jedoch vor allem die Frage beantwortet werden müßte, ob ARIANE als europäisches Konkurrenzelement beschleunigt entwickelt werden sollte oder auch bei einem späteren Entwicklungszeitraum als ausreichende Regulanz zur US-Transportpolitik genügen würde.

Der BDLI-Vorschlag für das Raumfahrtprogramm der Bundesrepublik Deutschland ist in Abb. 4-2 grafisch zusammengefaßt. Die einzelnen Programmelemente sind in ihrer kostenmäßigen Relation über den Zeitraum der nächsten 10 Jahre dargestellt. Neben einer gewissen Ausweitung der wissenschaftlichen Tätigkeiten wird vor allem die Nutzung in den Gebieten Erdbeobachtung und Schwerelosigkeitsforschung ausgebaut. Auf dem Gebiet der Kommunikation und Navigation ist als Schwerpunkt die Entwicklung eines europäischen Datenrelaissatelliten geplant. Unter der Annahme einer 20 %igen deutschen Beteiligung an der ARIANE Entwicklung und einer auf 2 Phasen aufgeteilten Entwicklung der Raumstation - was eine Streckung des Programms bewirkt - ergibt sich ein "geglätteter" Finanzierungsvorschlag für das Gesamtprogramm.

Die mit diesem Programm verbundene Budgetsteigerung würde in den nächsten 4 -5 Jahren ein Gleichziehen mit französischen und auch japanischen Anstrengungen sichern und die Voraussetzung für Führungsrollen und kompetente Partnerschaften in Europa, mit den USA und der gesamten Welt sichern.